

Tukiasemalaitteisto sekä menetelmä antennikeilan suuntaamiseksi

Keksinnön kohteena on tukiasemalaitteisto halutun käyttäjän signaalin vastaanottamiseksi ja lähettämiseksi, joka vastaanotettava signaali voi saapua laitteistoon useaa eri reittiä usealla eri viiveellä, ja joka laitteisto käsittää yhden tai useamman useasta elementistä koostuvan antenniryhmän, yhden tai useamman kanavayksikön, ja joka kanavayksikkö käsittää välineet vaiheistaa antenniryhmällä lähetettävää ja vastaanotettavaa signaalia siten, että antenniryhmästä saatava vahvistus on suurimmillaan halutussa suunnassa, ja välineet erottaa liikkuvalta asemalta vastaanotetusta signaalista yhteydenlaatuinformaatiota käsittävät symbolit.

Esillä oleva keksintö soveltuu käytettäväksi mitä tahansa monikäyttömenetelmää soveltavassa tiedonsiirtojärjestelmässä, mutta erityisesti koodijakomonikäyttöä hyödyntävässä solukkoradiojärjestelmässä. Koodijakomonikäyttö, CDMA (Code Division Multiple Access) on hajaspektritekniikkaan perustuva monikäyttömenetelmä, jota on viime aikoina ryhdytty soveltamaan solukkoradiojärjestelmissä aiempien FDMA:n ja TDMA:n ohella. CDMA:lla on useita etuja verrattuna aiempiin menetelmiin, kuten esimerkiksi spektritehokkuus ja taajuussuunnittelun yksinkertaisuus. Eräs esimerkki tunnetusta CDMA-järjestelmästä on laajakaistainen solukkoradiostandardi EIA/TIA IS-95.

CDMA-menetelmässä käyttäjän kapeakaistainen data-signaali kerrotaan datasignaalia huomattavasti laajakaistaisemmalla hajotuskoodilla suhteellisen laajalle kaistalle. Tunnetuissa koejärjestelmissä käytettyjä kaistanleveyksiä on esimerkiksi 1,25 MHz, 10 MHz sekä 25 MHz. Kertomisen yhteydessä datasignaali leviää koko käytettävälle kaistalle. Kaikki käyttäjät lähettävät samaa taajuuskaistaa käyttäen samanaikaisesti. Kullakin tukiaseman ja liik-

kuvan aseman välisellä yhteydellä käytetään omaa hajotuskoodia, ja eri käyttäjien signaalit pystytään erottamaan toisistaan vastaanottimissa kunkin käyttäjän hajotuskoodin perusteella.

5 Vastaanottimissa olevat sovitetut suodattimet tahdistuvat haluttuun signaaliin, joka tunnistetaan hajotuskoodin perusteella. Datasignaali palautetaan vastaanottimessa alkuperäiselle kaistalle kertomalla se uudestaan lähettyksen yhteydessä käytetyllä hajotuskoodilla. Ne signaalit, jotka on kerrottu jollain toisella hajotuskoodilla, eivät ideaalisessa tapauksessa korreloi ja palaudu kapealle kaistalle. Täten ne näkyvät kohinana halutun signaalin kannalta. Järjestelmän hajotuskoodit pyritään valitsemaan siten, että ne olisivat keskenään korreloimattomia eli
10
15 ortogonaalisia.

Tyypillisessä matkapuhelinympäristössä tukiaseman ja liikkuvan aseman väliset signaalit etenevät useaa reittiä lähettimen ja vastaanottimen välillä. Tämä monitieeteneminen aiheutuu pääosin signaalin heijastumisista ympäröivistä pinnoista. Eri reittejä kulkeneet signaalit saapuvat vastaanottimeen eri aikoina erilaisen kulkuaikaviiveen takia. CDMA:ssa monitie-etenemistä voidaan käyttää hyväksi signaalin vastaanotossa diversiteetin tavoin. CDMA-vastaanotinratkaisuna käytetään yleisesti monihaaraista vastaanotinrakennetta, jossa kukin eri haara on tahdistunut eri tietä edenneeseen signaalikomponenttiin. Kukin haara on itsenäinen vastaanotinelementti, jonka tehtävänä on siis koostaa ja demoduloida yksi vastaanotettu signaalikomponentti. Perinteisessä CDMA-vastaanottimessa
20
25
30 eri vastaanotinelementtien signaalit yhdistetään edullisesti, joko koherentisti tai epäkoherentisti, jolloin saadaan hyvätasoinen signaali.

CDMA-järjestelmissä voidaan myös soveltaa ns. pehmeää kanavanvaihtoa (soft handover), jossa liikkuva asema
35 voi samanaikaisesti olla yhteydessä usean tukiaseman kans-

sa makrodiversiteettiä hyödyntäen. Liikkuvan aseman yhteyden laatu kanavanvaihdon aikana pysyy täten korkeana ja käyttäjä ei havaitse katkosta yhteydessä.

Toisten yhteyksien halutulle yhteydelle aiheuttamat
5 häiriöt näkyvät vastaanottimessa siis tasaisesti jakautuneena kohinana. Tämä pätee myös tarkasteltaessa signaalia vastaanottimissa havaittujen signaalien tulosuuntien mukaisesti kulma-avaruudessa. Toisten yhteyksien halutulle yhteydelle aiheuttamat häiriöt näkyvät vastaanottimessa
10 siis jakautuneena myös kulma-avaruudessa, eli ne ovat verrattain tasaisesti jakautuneina eri tulosuuntiin.

CDMA:n suorituskykyä, jota voidaan mitata spektritehokkuuden avulla, on edelleen parannettu sektoroinnin avulla. Tällöin solu on jaettu halutun kokoisiin sektoreihin, jota palvelevat suuntaavat antennit. Tällöin tukiasemavastaanottimessa voidaan liikkuvien asemien toisilleen aiheuttamaa häiriötasoa pienentää merkittävästi. Tämä perustuu siihen, että häiriöt ovat keskimäärin tasaisesti jakautuneita eri tulosuuntiin, joita sektoroinnin avulla
15 voidaan siis vähentää. Sektorointi voidaan luonnollisesti toteuttaa molemmissa siirtosuunnissa. Sektoroinnin tuoma kapasiteettihyöty on suhteessa sektoreiden lukumäärään.

Sektoroidussa solussa voidaan myös hyödyntää pehmeän kanavanvaihdon erityistä muotoa (softer handover),
25 jossa liikkuva asema suorittaa kanavanvaihdon sektorista toiseen ollen yhteydessä molempiin sektoreihin samanaikaisesti. Vaikkakin pehmeä kanavanvaihto parantaa yhteyden laatua ja sektorointi lisää järjestelmän kapasiteettia, liikkuvien asemien liikkumisesta seuraa väistämättä se,
30 että ne suorittavat useita kanavanvaihtoja sektorista toiseen. Tämä kuormittaa tukiasemaohjaimen prosessointikapasiteettia. Useat pehmeät kanavanvaihdot aiheuttavat myöskin tilanteen, jossa useat liikkuvat asemat ovat samanaikaisesti yhteydessä useampaan kuin yhteen (useimmiten
35 kahteen) sektoriin, jolloin menetetään sektoroinnin tuomaa

kapasiteettiä hyödyntäen liikkuvan aseman signaalin kuullessa laajalla sektorilla.

CDMA-järjestelmien monikäyttöhäiriötä on pienennetty myöskin erilaisten tunnettujen monikäyttöhäiriöiden poistomenetelmien (IC, Interference Cancellation) ja usean käyttäjän samanaikaisen ilmaisuuden (MUD, Multi-User Detection) avulla. Näiden menetelmien avulla voidaan pienentää parhaiten käyttäjän oman solun alueelta tulevia häiriöitä, ja täten parantaa järjestelmän kapasiteettia noin kaksinkertaiseksi verrattuna ilman häiriönpoistoa toteutettuun järjestelmään. Näillä menetelmillä ei kuitenkaan saada merkittävästi suurempaa parannusta tukiaseman kuuluvuusalueen kokoon verrattuna tunnettuun tekniikkaan. IC/MUD-tekniikat ovat lisäksi monimutkaisia toteuttaa, ja niitä onkin kehitelty pääasiassa siirtosuuntaan liikkuvalta asemalta tukiasemalle.

Edelleen on kehitetty ns. SDMA (Space Division Multiple Access)-menetelmä, jossa käyttäjät erotetaan toisistaan sijainnin avulla. Tämä tapahtuu siten, tukiasemassa vastaanottoantennien keiloja säädetään haluttuihin suuntiin liikkuvien asemien sijainnin mukaan. Tätä tarkoitusta varten käytetään adaptiivisia antenniryhmiä eli vaiheistettuja antenneja sekä vastaanotetun signaalin käsittelyä, jonka avulla liikkuvia asemia seurataan.

SDMA:n hyväksikäytöllä CDMA:n yhteydessä saavutetaan useita etuja verrattuna aiempiin menetelmiin kuten esimerkiksi sektorointiin. Mikäli sektoroinnissa sektoreiden keiloja kavennetaan spektritehokkuuden kasvattamiseksi, kasvaa samalla suoritettavien kanavanvaihtojen määrä sektorista toiseen. Tämä puolestaan kasvattaa tukiasemaohjaimessa tarvittavaa laskentakapasiteettia liian suureksi.

Tunnetun tekniikan tasoa SDMA:ta sovellettaessa havainnollistaa julkaisu A.F. Naguib, A. Paulraj: Performance Of CDMA Cellular Networks With Base-Station Antenna Arrays, Proc. International Zürich Seminar on Digital Com-

munications, pp. 87 - 100, Zürich, Sveitsi, Maaliskuu 1994, joka otetaan tähän viitteeksi. SDMA:ssa vastaanotetaan signaali siis antenniryhmän avulla, ja digitaalisen signaalinkäsittelyn keinoin muokataan vastaanotettua signaalia siten, että vastaanottimen muokkauksen jälkeisten asteiden kannalta antennien suuntakuviot ovat halutun kaltaisia. Tekniikan tason mukaisissa ratkaisuissa vastaanotetun signaalin muokkaus tapahtuu halutun signaalin signaali/häiriö-suhteen maksimoimiseksi. Vastaanotettua signaalia muokataan siis siten, että antenniryhmän suuntakuvio minimoi muiden yhteyksien aiheuttamat häiriöt halutussa signaalissa. Edellä mainitun julkaisun mukaisessa ratkaisussa suoritetaan kullekin havaitulle signaalikomponentille oma keilanmuokkaus eli impulssivaste on tunnettava ennen muokkausta.

Julkaisusta G.Xu, H.Liu, W.J.Vogel, H.P.Lin, S.S.Jeng, G.W.Torrence: Experimental Studies of Space-Division-Multiple-Access Schemes for Spectral Efficient Wireless Communications, IEEE Int. Conf. On Comm. ICC 1994, New Orleans, USA, IEEE 1994, joka otetaan tähän viitteeksi, tunnetaan SDMA:ta soveltava menetelmä, jossa lähetinantennien suuntakuviota muokataan. Esitetty menetelmä soveltuu käytettäväksi kuitenkin vain sellaisissa järjestelmissä, jossa molemmat siirtosuunnat ovat samalla taajuudella.

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena onkin toteuttaa tukiasemalaitteisto ja menetelmä lähetinantennien suuntaamiseksi, jonka avulla spektritehokkuutta voidaan entisestään parantaa verrattuna aiempiin CDMA-järjestelmiin laitteiston teknisen toteutuksen silti pysyessä edullisena ja jossa vaikeissakin radioaaltojen etenemisolosuhteissa tukiaseman ja liikkuvan aseman välinen yhteys voidaan pitää hyvälaatuisena. Keksinnön tarkoituksena on soveltaa SDMA:ta tehokkaasti CDMA-ympäristössä hyödyntämällä uuden tyyppistä moniulotteista etsintää ja liikkuvan

aseman lähettämän yhteydenlaatuinformaation hyödyntämistä. Keksinnön soveltaminen ei vaadi, että molemmat siirtosuunnat ovat samalla taajuudella.

5 Tämä saavutetaan johdannossa esitetyn tyyppisellä tukiasemalaitteistolla, jolle on tunnusomaista, että kanavayksikkö käsittää välineet etsiä vastaanotettujen signaalikomponenttien tulosuunnat ja viiveet, ja välineet ohjata vastakkaisen siirtosuunnan vaiheistusvälineitä sanotun tiedon ja liikkuvalla asemalta vastaanotetun yhteydenlaatuinformaation perusteella.

10 Keksinnön kohteena on lisäksi menetelmä antennikeilan suuntaamiseksi tukiasemalaitteistossa, jossa menetelmässä signaali vastaanotetaan ja lähetetään useasta elementistä koostuvan antenniryhmän avulla vaiheistaen vastaanotettavaa ja lähetettävää signaalia siten, että antenniryhmästä saatava vahvistus on suurimmillaan halutuissa suunnissa, ja jossa liikkuva asema lähettää tukiasemalle tiedon tukiasemalta vastaanottamansa signaalin laadusta. Keksinnön mukaiselle menetelmälle on tunnusomaista, että 15 tukiasemalaitteistossa etsitään liikkuvalla asemalta vastaanotettujen signaalikomponenttien tulosuunnat ja viiveet, ja että vastakkaisen siirtosuunnan lähetettävän signaalin vaiheistusta ohjataan sanotun mittauksen ja liikkuvalla asemalta vastaanotetun yhteydenlaatuinformaation perusteella.

25 Keksinnön mukaisella menetelmällä saavutetaan merkittävästi parempi spektritehokkuus verrattaessa sitä perinteisiin solukkoradiojärjestelmiin, myös CDMA-menetelmää soveltaviin järjestelmiin. Parannusta saadaan sekä käytettävien kanavien lukumäärässä kertoimella 10 - 100, että tukiaseman kuuluvuusalueen koon laajenemisena kertoimella 5 - 10. Tämä perustuu siihen, että muille käyttäjille aiheutuvat häiriöt siirtosuunnassa tukiasemalta liikkuvalla asemalle pienenevät merkittävästi, kun signaali lähetysvaiheessa suunnataan niihin suuntiin, mistä liikkuvan ase-

man signaalikomponentit vastaanotettiin tukiasemalla edullisesti. Liikkuvan aseman lähettämän yhteydenlaatutiedon perusteella voidaan nopeasti reagoida muuttuviin etenemisolosuhteisiin ja muuttaa lähetysantennien keiloja ja tehoja.

Keksinnön ensimmäisen edullisen toteutusmuodon mukaisesti signaalin prosessointi voidaan suorittaa digitaalisesti kantataajuudella, jolloin vastaanotetun signaalin vaiheistuksella antennikeilat voidaan suunnata suoraan haluttuihin suuntiin. Keksinnön toisessa edullisessa toteutusmuodossa signaalin vaiheistus suoritetaan analogisesti, jolloin aikaansaadaan joukko kiinteitä antennikeiloja, joiden joukosta valitaan vastaanottoon ne keilat, jotka vastaanottavat halutun signaalin parhaimmat komponentit.

Seuraavassa keksinnön edullisia toteutusmuotoja selitetään tarkemmin viitaten oheisten piirustusten mukaisiin esimerkkeihin, joissa

kuvio 1 havainnollistaa signaalin monitie-etenemistä liikkuvan aseman ja tukiaseman välillä,

kuvio 2a havainnollistaa signaalin monitie-etenemisen aiheuttamaa hajoamista aika-tasossa,

kuvio 2b havainnollistaa signaalin monitie-etenemisen aiheuttamaa hajoamista tulokulma-tasossa,

kuvio 3 esittää erästä mahdollista adaptiivisen antenniryhmän toteutusta,

kuvio 4 havainnollistaa erästä mahdollisuutta tukiaseman antennien keilan suuntaamiseksi liikkuvaa asemaa kohti,

kuvio 5 esittää keksinnön mukaisen laitteiston erästä mahdollista rakennetta lohkokaaavion avulla,

kuvio 6 havainnollistaa esimerkkiä yksittäisen kanavaelementin rakenteesta lohkokaaavion avulla,

kuvio 7 havainnollistaa toista mahdollista esimerkkiä keksinnön mukaisesta laitteistosta lohkokaaavion avulla.

la,

kuvio 8 havainnollistaa toista esimerkkiä yksittäisen kanavaelementin rakenteesta ja

kuvio 9 havainnollistaa tarkemmin esimerkkiä yksittäisen kanavaelementin rakenteesta.

Seuraavassa keksinnön mukaista menetelmää ja laitteistoa kuvataan tarkemmin käyttäen esimerkkinä CDMA-järjestelmää siihen kuitenkin rajoittumatta, sillä keksintö soveltuu käytettäväksi myös muiden monikäyttömenetelmien yhteydessä, kuten alan ammattimiehelle on selvää oheisen selostuksen perusteella.

Tyypillistä solukkoradiojärjestelmässä tapahtuvaa lähetetyn signaalin monitie-etenemistä havainnollistetaan siis kuviossa 1. Kuviossa on esitetty tukiasema 100, ja siihen yhteydessä oleva liikkuva tilaajapäätelaite 102. Solukkoradiojärjestelmille on tyypillistä, että liikkuvat asemat ovat radioaaltojen heijastavien ja sirottavien pintojen ympäröimiä. Tällaisia pintoja saattavat olla esimerkiksi rakennukset ja luonnon muodostamat seinämät kuten vuoret ja kukkulat. Liikkuvat asemat tyypillisesti lähettävät ympärisäteilevällä antennikuviolla. Kuviossa on havainnollistettu muutamia liikkuvasta asemasta lähteneitä säteitä 112, 114, 116. Liikkuvaa asemaa 102 lähellä olevat pinnat 104, 108 heijastavat lähetetyn signaalin, joka täten saapuu useaa eri reittiä tukiaseman 100 antenniin niiden keskinäisen viiveen ollessa kuitenkin verraten pieni. Kauempana olevat heijastavat pinnat, kuviossa 106, kuten suuremmat rakennukset ja vuoret, aikaansaavat signaalikomponentteja 114, jotka saapuvat tukiasemaan 100 useita, joskus jopa kymmeniä mikrosekunteja myöhemmin. Maastossa saattaa myös olla esteitä 110, jotka estävät suoran yhteyden liikkuvan aseman ja tukiaseman välillä.

Kuviossa 2a havainnollistetaan esimerkkiä signaalin monitie-etenemisen aiheuttamasta signaalikomponenttien hetkellisestä viivästymisestä aikatasossa tukiasemavas-

taanottimessa. Kaavamaisessa kuviossa vaaka-akselilla 200 on aika ja pystyakselilla 202 vastaanotetun signaalin teho. Kuvion 2a esimerkissä tukiasemavastaanotin on havainnut kolme signaalikomponenttiryhmää 204, 206, 208, jotka
 5 ovat saapuneet eri aikoina vastaanottoon ja joista komponentti 208 on muita merkittävästi enemmän viivästynyt.

Kuten kuvion 1 esimerkkitalanteesta huomataan saapuvat eri signaalikomponentit paitsi eri aikaan, myös eri suunnista. Voidaan siis sanoa, että signaali hajoaa paitsi
 10 aika- myös kulma-avaruudessa, jota jälkimmäistä voidaan kuvata signaalin saapumiskulmalla (AoA, Angle of Arrival). Kuviossa 2b havainnollistetaan esimerkkiä signaalin monitie-etenemisen aiheuttamasta hetkellisestä jakautumisesta saapumiskulman funktiona tukiasemavastaanottimessa.
 15 Kuvion 2b pystyakselilla 202 on vastaanotetun signaalikomponentin teho ja vaaka-akselilla 210 on saapumiskulma. Kuvion 2b esimerkissä signaalikomponentit 212, 214 saapuvat kahdesta suunnasta.

Yleensä suurikokoisissa, ns. makrosoluissa, joissa
 20 tukiasema-antennit sijaitsevat korkealla, signaalikomponentit saapuvat antenniin vain muutamalla eri saapumiskulmalla, jotka tavallisesti ovat liikkuvan aseman ja tukiaseman välisen suoran säteen lähistöllä. Pienissä mikrosoluissa, joissa tukiasema-antennit ovat yleensä rakennusten kattojen alapuolella, havaitaan signaalikomponenttien
 25 saapumiskulmissa huomattavasti suurempaa hajontaa, koska tukiasemat ovat liikkuvien asemien lailla useiden lähellä olevien heijastuspintojen ympäröimiä.

Edellä monitie-etenemistä on kuvattu siirtosuunnassa
 30 liikkuvalla asemalla tukiasemalle. On luonnollisesti selvää, että vastaava ilmiö tapahtuu myös vastakkaisessa siirtosuunnassa tukiasemalta liikkuvalla asemalle. Voidaan myös todeta, että monitie-reitit ovat pääsääntöisesti symmetrisiä kumpaankin suuntaan, koska sironta ja heijastuminen eivät ole suuresti taajuudesta riippuvia. On kuitenkin

kin huomattava, että signaalin nopea häipyminen on eri siirtosuunnissa toisistaan riippumattomia. Täten, jos tukiasema havaitsee saapumiskulmassa α_0 liikkuvalta asemalta saapuneen signaalikomponentin, niin lähettämällä signaalin samalla kulmalla α_0 johtaa signaalin liikkuvan aseman suuntaan nopeita häipymisiä lukuunottamatta.

Yllä olevan perusteella voidaan siis todeta, että solukkoradiojärjestelmille tyypillinen monitie-etenevä ympäristö johtaa tukiasemilla signaalin vastaanottoon, joka signaali on jakautunut ajassa useaan eri tavoin viivästyneeseen komponenttiin ja kulma-avaruudessa useasta eri suunnasta saapuvaan komponenttiin. Molemmat jakaumaprofiilit vaihtelevat ajan myötä, koska tilaajapäätelaitteet liikkuvat, mutta vaihtelu on verraten hidasta, eli parin sekunnin luokkaa, ja profiileihin voidaan tahdistua ja niitä voidaan seurata.

Vastaanotetuille signaalikomponenteille on siis ominaista yllä kuvatun kaltainen useampidimensioisuus, jota yllä on havainnollistettu aika-kulma-avaruudella, eli (α, r) -avaruudella, ja jota dimensioisuutta voidaan keksinnön mukaisessa tukiasemassa hyödyntää vastaanotettavan signaalin ilmaisen parantamiseksi. Keksinnön mukaisessa menetelmässä vastaanotetusta signaalista siis etsitään useampidimensioisesta signaaliavaruudesta parhaimmat signaalikomponentit, joiden perusteella vastaanotinta voidaan ohjata siten, että havaitut komponentit voidaan edullisesti yhdistää ja ilmaista. Signaalin laadun mittana voidaan yksinkertaisimmillaan käyttää vastaanotettua teho-
tasoa, mutta myös muita mittoja voidaan hyödyntää, kuten esimerkiksi signaalikohinasuhdetta.

Keksinnön mukaisessa laitteistossa hyödynnetään adaptiivista antenniryhmää, joka on useasta eri elementistä koostuva antenniryhmä. Kuviossa 3 havainnollistetaan adaptiivisen antenniryhmän erästä mahdollista toteutusta, jota voidaan soveltaa keksinnön ensimmäisen edullisen to-

teutusmuodon yhteydessä. Antenniryhmä käsittää L kappaletta antennielementtejä 400, 402, 404, jotka voivat olla esimerkiksi ympärisäteileviä antennejä. Kuhunkin antennielementtiin on kytketty radiotaajuusosat 406, 408, 410, jotka muuntavat vastaanotetun signaalin välitaajuudelle ja näytteistävät signaalin (I,Q) -komponentteihin tunnetun tekniikan mukaisesti. Saadut kompleksiset näytteet kerrotaan seuraavaksi vastaavilla kompleksisilla painokertoimilla w_i , jossa $i = 1, \dots, L$ kertojissa 412, 414, 416. Näin kerrotut näytteet 422, 424, 426 viedään summaimen 418 kautta edelleen vastaanottimen muihin osiin.

Kompleksiset painokertoimet w_i valitaan jonkin, yleensä adaptiivisen algoritmin mukaan siten, että aikaansaadaan halutun muotoinen antennikuvio. Kyseistä tapaa muokata vastaanotettua signaalia voidaan kutsua signaalin digitaaliseksi vaiheistamiseksi, sillä se tapahtuu kanta-
taajuudella digitalisoidulle signaalille, mutta sen ansiosta vastaanotettu signaalin antennivahvistus voidaan suunnata haluttuihin suuntiin. Antenniryhmä sinänsä voi käsittää joko suuntaavia tai ympärisäteileviä antennielementtejä. Vaiheistamalla eri antenneista saatua signaalia ja yhdistämällä vaiheistettut signaalit saadaan aikaan eräänlaiset virtuaaliset antennikeilat haluttuihin suuntiin. Vastaavaa käsittelyä voidaan tehdä myös lähetettävälle signaalille, jolloin voidaan aikaansaada kulloinkin haluttu säteilykuvio.

Kuviossa 4 havainnollistetaan, kuinka antenniryhmällä, joka muodostuu tasavälisestä lineaarisesta ryhmästä, joka käsittää neljä elementtiä 300, 302, 304, 306, aikaansaadaan voimakas suunnattu keila 310 tulokulmalla α kohti liikkuvaa asemaa 308. Lisäksi muodostuu joukko pienempiä sivukeiloja 312 - 316. Tämä suuntaavuus voidaan siis toteuttaa signaalin vaiheistuksella ilman, että antennit sinänsä olisivat suuntaavia.

Keksinnön mukaisessa ratkaisussa vastaanottimen ko-

kemaa monikäyttöhäiriötä supistetaan kulma-avaruudessa suunnatuilla antennikeiloilla, jotka aikaansaadaan uudentyyppisen aika-kulma-diversiteettiä soveltavan vastaanottimen avulla. Keksinnön mukaisessa ratkaisussa voidaan

5 vastaanotetusta signaalista mitattuja tulokulmia käyttää hyväksi myös lähetysuunnassa, jolloin yhteyden laatu paranee molemmissa siirtosuunnissa.

Seuraavassa selostetaan ensin keksinnön ensimmäistä edullista toteutusmuotoa, jossa sovelletaan signaalin digitaalista vaiheistusta CDMA-järjestelmässä.

10

Tukiasemalla käytettävä aika-kulma-diversiteettiä soveltava vastaanotin käsittää digitaaliset vastaanotinvälineet, jotka pystyvät seuraamaan vastaanotettuja signaalikomponentteja kaksiulotteisessa (α, τ) -avaruudessa ja

15 demoduloimaan halutut signaalikomponentit. Ennen demoduloimista vastaanotetuille digitalisoiduille signaalinäytteille suoritetaan vaiheistus, jonka avulla ohjataan vastaanotetun signaalin antennivahvistus haluttuihin signaalin tulosuuntiin. Edullisessa toteutusmuodossa vaiheistamalla aikaansaadut antennikeilat ovat ennaltamäärätyn muotoisia keiloja, joiden muodon määräävät siis painokertoimet w_i ja antennigeometria. Sanotut kertoimet voidaan helposti laskea kullekin suurimman vahvistuksen kulmalle, jos antennikeilan muoto sinänsä pysyy vakiona. Täten vaiheistuksen säätö voi tapahtua nopeasti, koska se riippuu vain yhdestä parametrasta eli tulokulmasta α .

20

25

Keksinnön mukaisessa menetelmässä ei tarvitse soveltaa tunnettuja monimutkaisia tulokulman estimointitekniikoita kuten MUSIC tai adaptiivisia algoritmeja kuten LMS ja DMI. Vaikkakin viimeksi mainitut algoritmit mahdollistavat laskea vastaanotettavalle signaalille optimaalinen keilamuoto siten, että halutun signaalin signaalikohinasuhde voidaan maksimoida kohdistamalla antennikuvion nollakohdat häiriölähteisiin päin, tämä ei CDMA:n yhteydessä

30

35

ole tarpeellista, sillä kuten aiemmin on kuvattu, häiriö-

signaali on CDMA:ssa jakautunut kohinan kaltaiseksi ilman selkeitä häiriölähdesuuntia. Täten tasan jakautuneessa häiriöympäristössä on riittävää, että ennaltamäärätyn muotoisten antennikeilojen suurimman vahvistuksen kulmat oh-

5 jataan niihin suuntiin, joista vastaanotetaan parhaimmat signaalikomponentit. Tämä mahdollistaa yksinkertaisemman vastaanotintoteutuksen verrattuna tunnettuun tekniikkaan.

Keksinnön mukaisessa menetelmässä vastaanotin etsii siis haluttuja signaalikomponentteja (α, τ) -avaruudessa. Tämä tapahtuu ristikorreloimalla vastaanotettua hajaspekt-

10 risignaalia halutun hajotuskoodin kanssa ja vertaamalla saatuja mittaustuloksia annettuihin kynnsarvoihin. Etsintä voidaan käsittää antennikeilan pyyhkäisynä annetun alueen yli ja samalla suorittaen kanavan impulssivasteen mit-

15 tauksen ja kustakin suunnasta vastaanotetun päätelaitteiden signaalienergian keräyksen. Vastaanotin havaitsee siis mistä suunnasta ja millä koodivaiheella vastaanotetaan parhaimmat signaalit ja allokoii tarvittavan määrän demodulointivälineitä tahdistumaan ja vastaanottamaan ky-

20 seisiä signaalikomponentteja. Vastaanotetut demoduloidut signaalikomponentit voidaan edullisesti yhdistää vastaanottimessa. Parhaiden signaalikomponenttien etsintää suoritetaan jatkuvasti ja tarvittaessa demodulaattorivälineiden allokoointia muutetaan.

25 Vastaanottimella on siis koko ajan tieto siitä, mistä suunnasta vastaanotetaan parhaimmat signaalikomponentit liikkuvilta asemilta. Tätä tietoa voidaan myös käyttää hyväksi keksinnön mukaisessa tukiasemalaitteistossa siirtosuunnassa tukiasemalta liikkuvalle asemalle. Tämä voi

30 tapahtua esimerkiksi siten, että lähetinvastaanottimen kontrolleri ilmoittaa lähetinyksikölle ne suunnat, joissa on havaittu merkittävät signaalikomponentit. Lähetinyksikö voi vaiheistaa adaptiivisella antenniryhmällä lähetettävää signaalia siten, että antennikeilojen suurimman vah-

35 vistuksen kulmat osoittavat haluttuihin suuntiin. Lähetys-

keiloja voi olla yksi tai useampia ja niiden lukumäärä voi myös olla vastaanotinkeilojen lukumäärästä poikkeava.

Tällä menetelmällä saavutetaan huomattavaa häiriönpoistoa myös siirtosuunnassa tukiasemalta liikkuvalle asemalle. Lähetyksessä käytettävä antenniryhmä voi olla sama kuin vastaanotettaessa käytettävä antenniryhmä. Se voi myös olla erillinen antenniryhmä. Signaalin vaiheistus tapahtuu samoin kuin vastaanotettaessa painokertoimien avulla.

Keksinnön mukaisessa ratkaisussa voidaan käyttää esimerkiksi tunnetun tekniikan mukaisia liikkuvia asemia, jotka suorittavat jatkuvasti yhteydenlaatumittauksia tukiasemalta vastaanottamastaan signaalista. Kyseinen informaatio voi käsittää esimerkiksi tiedon liikkuvan aseman vastaanottamien signaalikomponenttien lukumäärästä, signaalikomponenttien suhteellisista tehotasoista, suhteellisista viiveistä tai kunkin signaalikomponentin signaalikohinasuhteesta.

Keksinnön mukaisessa ratkaisussa hyödynnetään liikkuvan aseman suorittamien yhteydenlaatumittausten tuloksia ohjattaessa lähetyssantennien keiloja siirtosuunnassa tukiasemalta liikkuvalle asemalle. Periaatteena on saada laskevan siirtosuunnan kokonaislaatu paremmaksi optimoimalla lähetysskeilojen painotus. Mittaustuloksia käyttäen voidaan antennikeilojen painotuksia muuttaa siten, että joko painotetaan niitä komponentteja, joilla saadaan parhain signaalin laatu tai parannetaan huonoimman laadun antavia komponentteja.

Liikkuva asema lähettää keräämänsä mittaustulokset tukiasemalle. Tukiasema voi liikkuvalta asemalta vastaanottamansa tiedon ja omien mittaustensa perusteella vaihdella liikkuvalle asemalle tarkoitettun signaalin lähetyksessä käyttämiensä antennikeilojen lukumäärää, muotoa tai suuntausta. Nämä muutokset voidaan toteuttaa tarvittavan pehmeästi, jotta liikkuva asema pystyy seuraamaan muuttu-

vaa signaalia.

Tukiasema voi myös hyödyntää liikkuvalla asemalla vastaanottamaansa yhteydenlaatuinformaatiota kunkin antennikeilan lähetystehon säätämiseen, jos mittaustulokset osoittavat että edellä luetellut toimenpiteet eivät paranna signaalin laatua liikkuvassa asemassa.

Esitetyn menetelmän eräänä etuna on se, että liikkuva asema voi esimerkiksi vaikeassa häipymätilanteessa lähettää tukiasemalle pyynnön muuttaa signaalin lähetyksessä käytettävien antennikeilojen parametrejä, kuten suuntaa, muotoa ja lukumäärää, jolloin liikkuvan aseman vastaanottaman signaalin laatua voidaan nopeasti parantaa.

Tunnetun tekniikan mukaisissa CDMA-järjestelmissä käytetään ns. pilottisignaalia, jota kukin tukiasema lähettää, ja jota signaalia käytetään apuna tukiasemien tunnistuksessa, tehonmittauksessa ja koherentin vastaanoton mahdollistamiseksi liikkuvassa asemassa. Tunnetuissa järjestelmissä pilottisignaali, joka on datamoduloimaton hajotuskoodattu signaali, lähetetään tukiaseman kuuluvuusalueelle samalla tavoin kuin varsinaiset liikennekanavat.

Keksinnön mukaisella tavalla toteutetussa CDMA-järjestelmässä voidaan kuitenkin soveltaa pilottisignaalin lähetysmenetelmää, jossa datasignaalien lähetyksessä ja vastaanotossa käytetään ajallisesti vaihtuvia antennikeiloja. Tällöin voidaan lähettää ensimmäistä pilottisignaalia ajallisesti vakiona pysyvällä lähetyssuunnalla, ja toisia pilottisignaaleja ajallisesti muuttuvilla lähetyssuunnilla, jotka voivat olla yhteneväisiä datasignaalien lähetyksessä käytettyjen lähetyssuuntien kanssa.

Täten ajallisesti vakiona pysyvillä lähetyssuunnilla varustettua pilottisignaalia voidaan käyttää tukiaseman havaitsemiseen ja tehomittausten suorittamiseen kanavanvaihtotarpeen ilmaisua varten. Koska käytetty antennisuuntakuvio on datasignaalien kuviosta poikkeava, ei kyseistä signaalia voida käyttää referenssinä koherenttia ilmaisua

varten. Tähän tarkoitukseen voidaan käyttää kunkin data-signaalin yhteydessä samalla antennikuviolla lähetettävää pilottisignaalia, joka siis etenee samaa reittiä kuin varsinainen datasignaali, ja jonka avulla koherentti ilmaisu on mahdollista toteuttaa liikkuvissa asemissa.

Keksinnön mukaisessa ratkaisussa pilottisignaalia voidaan edelleen lähettää verrattain kapeaa antennikeilaa käyttäen, ja ohjata sanotun antennikeilan suurimman vahvistuksen kulmaa siten, että antennikeila pyyhkii solun alueen ylitse. Täten pilottisignaalin käsittävä antennikeila pyyhkii majakan tavoin solun ylitse ja jatkuvan pilotin lähetys solun koko alueelle voidaan välttää. Pilottia voidaan myös lähettää usealla pyyhkivällä antennikeilalla, jotka keilat on vaiheistettu siten, etteivät ne osu päällekkäin. Tukiasema lähettää jollain ohjauskanavalla liikkuville asemille tiedon siitä, koska pilottikanava pyyhkii kunkin alueen ylitse.

Seuraavassa kuvataan keksinnön ensimmäisen toteutusmuodon mukaisen laitteiston rakennetta. Kuviossa 5 havainnollistetaan erään keksinnön mukaisen laitteiston rakennetta lohkokaaavion avulla. Laitteisto käsittää antenniryhmän 500, joka koostuu L:stä erillisestä antennielementistä. Antenniryhmä voi olla lineaarinen, planaarinen (2-dimensioiden) tai ympärisäteilevä. Antenniryhmä 500 vastaanottaa monitie-edenneen useasta eri suunnasta ja eri tavoin viivästyneen signaalin kultakin liikkualta asemalta kullakin L:llä elementillä, suorittaa esivahvistuksen, muuntaa signaalin välitaajuudelle ja digitalisoi kaikki L signaalia. Näin saadut L digitaalista kompleksista I,Q-näytettä 514 viedään kanavaelementtien 504, 506, 508 sisäänmenoon.

Jokaista aktiivista tukiaseman kanssa yhteydessä olevaa liikkuvaa asemaa palvelee yksi kanavaelementti, joka suorittaa digitaalista signaalinkäsittelyä sekä vastaanotetulle että lähetettävälle signaalille, kuten tul-

laan myöhemmin tarkemmin selostamaan. Jokainen kanavaelementti käsittää (α, τ) -vastaanottimen ja vastaavan lähettimen. Digitaaliset signaalin vaiheistuksen avulla toteutetut antennikeilan muokkaustoiminnot sekä lähetys- että vastaanottosuunnassa suoritetaan kanavaelementissä.

Vastaanottosuunnassa kanavaelementti suodattaa signaalin kulma-avaruustasossa, demoduloi vastaanotetut signaalikomponentit ja yhdistää ne toisteyhdistelijässä ja lopuksi dekodaa liikkuvalla asemalla vastaanotetun ja yhdistetyn signaalin. Näin saadut käyttäjän databitit vietään edelleen kantataajuusyksikölle 510, joka välittää ne edelleen verkon muihin osiin.

Lähetysuunnassa käyttäjän databitit saapuvat verkon muista osista kantataajuusyksikölle 510, joka välittää ne oikealle kanavaelementille 504 - 508, jossa ne koodataan, moduloidaan hajotuskoodilla, ja suoritetaan lähetettävän signaalin vaiheistus, joka määrää lähetettävien antennikeilojen suunnat. Näin saadut L signaalia vietään antenniryhmän 502 kullekin L:lle elementille. Käytännössä vastaanotto- ja lähetysantenniryhmät 500, 502 voivat olla joko erilliset tai toteutettu samalla fyysisellä antenniryhmällä, joissa lähetys- ja vastaanottosuunnat on erotettu sopivalla duplex-suodatuksella.

Lähetysantenniryhmässä 502 kultakin kanavaelementiltä tulleet kullekin antennielementille tarkoitetut signaalit muunnetaan analogiseen muotoon, siirretään radiotaajuudelle ja lähetetään antennielementtien kautta.

Keksinnön mukaisessa ratkaisussa voi lähetin- ja vastaanotinantenniryhmissä luonnollisesti olla eri määrä antennielementtejä, vaikka yllä olevassa selostuksessa on yksinkertaisuuden vuoksi kuvattu molempiin ryhmiin sama lukumäärä L elementtiä. Kuviossa on myös esitetty ohjauslohko 512, joka ohjaa laitteen eri yksiköiden toimintaa, kuten kanavayksiköiden allokointia eri yhteyksille tukiasemaohjaimelta tulevien viestien mukaisesti.

Kuviossa 6 havainnollistetaan keksinnön ensimmäisen toteutusmuodon mukaisen laitteiston kanavaelementin rakennetta lohkokaaavion avulla. Kanavaelementti käsittää yhden tai useampia digitaalisia vastaanotinyksiköitä 600, 602, joista kuvioon on piirretty kaksi, yhden tai useampia etsijäyksiköitä 604, joista kuviossa on esitetty yksi, diversiteettiyhdistelijän 608, jonka sisäänmenossa on vastaanotinyksiköiltä tuleva signaali, dekooderin 610, jonka sisäänmenoon on kytketty diversiteettiyhdistelijän 608 ulostulossa näkyvä signaali, ja ohjainvälineet 612. Antenniryhmältä saapuvat L digitaalista kompleksista I,Q-näytettä 514 viedään kaikkien digitaalisten vastaanotinyksiköiden 600, 602 ja etsijäyksiköiden 604 sisäänmenoon. Mikäli keksinnön mukaista ratkaisua sovelletaan lähetinvastaanottimessa, niin keksinnön mukainen lähetinvastaanotin käsittää myös kooderin 614 sekä digitaalisen lähetyksikön 606.

Tarkastellaan ensin digitaalisen etsijäyksikön 604 toimintaa kuvioon 6 viitaten. Etsijäyksikön tehtävänä on, kuten tavanomaisessa RAKE-vastaanottimessa, etsiä vastaanotetusta signaalista haluttuja signaalikomponentteja. Keksinnön mukaisessa ratkaisussa uudentyyppinen etsijäyksikkö jatkuvasti tutkii vastaanotettua signaalia (α, τ)-avaruudessa etsien käyttökelpoisia signaalikomponentteja ja ilmoittaa niiden parametrit, eli tulokulman (AoA, Angle of Arrival) ja viiveprofiilin, ohjainvälineille 612, joka puolestaan allokoii tarvittavan määrän vastaanotinyksiköjä parhaimpien komponenttien demoduloimiseksi. Keksinnön mukainen vastaanotin voidaan toteuttaa luonnollisesti myös siten, että kanavaelementti ei käsitä erillisiä ohjainvälineitä 612, vaan etsijäyksikkö 604 välittää tiedon seurattavista signaalikomponenteista suoraan vastaanotinhäaroille 600, 602.

Etsijäyksikkö käsittää välineet 634 antenniryhmän radiotaajuusosilta tuodun signaalin vaiheistamiseksi, ja

välineet 636 havaita käsittääkö vaiheistusvälineiden 634 ulostulosta saatava signaali annetulla viivellä vastaanotettua signaalikomponenttia ja mitata sanotun signaalikomponentin laatu. Etsijäyksikkö käsittää edelleen välineet 638 ohjata sanottuja vaiheistusvälineitä 634 ja mittausvälineitä 636 siten, että vastaanotetun signaalin tulosuunnat ja viiveet saadaan mitattua.

Välineet 634 antenniryhmän radiotaajuusosilta tuodun signaalin vaiheistamiseksi voidaan toteuttaa esimerkiksi jo aiemmin kuvatulla kuvion 3 kaltaisella laitteistolla, joka käsittää signaalin kertomisen kompleksisilla kertoimilla w_i ($i=1, \dots, L$), joiden kertoimien avulla voidaan määrätä, mikä signaalin tulokulma näkyy vaiheistusvälineiden ulostulosignaalisissa vahvistettuna. Kukin kertoimien kombinaatio vastaa tiettyä antennikeilakombinaatiota, kuten aiemmin on kuvattu. Vaiheistusvälineitä (634) ohjataan välineillä 638 siten, että kaikki signaalin oleelliset tulosuunnat saadaan tutkittua.

Vaiheistusvälineiden ulostulossa näkyy siis signaali, joka vastaa kulloinkin annetusta suunnasta vastaanotettua signaalia välineiden 638 ohjauksen perusteella. Mittausvälineet 636 suorittavat vaiheistusvälineiden ulostulossa kulloinkin näkyvälle signaalille eri viiveillä mittauksen, jonka tarjoituksena on siis havaita eri lailla viivästyneet signaalikomponentit. Kulloinkin mitattava viive asetetaan sanotuilla välineillä 638. Mittausvälineissä suoritetaan välineiden sisäänmenossa olevalle signaalille hajotuksen purku, kompleksisen signaalienergian mittaus ja neliöinti esimerkiksi kanavan koherenssiajan ylitse ja saadun mittaustuloksen vertailu annettuun kynnysarvoon. Niiden mitattujen signaalikomponenttien, joiden voimakkuus on suurempi kuin annettu kynnysarvo, parametrit eli tulokulma, viive ja teho, ilmoitetaan kanavaelementin ohjausvälineille 612.

Välineet 638 ohjaavat siis vaiheistusvälineiden 634

ja mittausvälineiden toimintaa. Välineet 638 vastaavat tavanomaisessa RAKE-vastaanottimen etsijähaarassa olevaa tahdistumissilmukkaa, vaikkakin keksinnön mukaisessa ratkaisussa välineiden toiminta on uudenlaista. Haluttujen signaalikomponenttien etsintä (α, τ) -avaruudesta voidaan toteuttaa välineiden 638 ohjaamana monella tavalla. Kuten aiemmin jo todettiin, signaalin tehon mittaus voidaan korvata jollain muulla signaalin laadun mittauksena.

Antenniryhmällä vastaanotettua digitalisoitua signaalia voidaan vaiheistaa vaiheistusvälineissä 634 askeleittain siten, että suurimman vahvistuksen suuntakulmaa muutetaan annetuin kulmaväleihin. Mahdollisista tulosuunnista valitaan siis edustava joukko tulokulmia α_j , jotka sijaitsevat halutuin kulmaväleihin toisistaan, ja kullekin tulosuunnalle suoritetaan useita energiamittauksia eri viiveen arvoilla, jolloin saadaan viiveprofiili τ_k kyseisille tulosuunnille.

Toinen tapa on ohjata mittausvälineet 636 ensin mittaamaan vastaanotetun signaalin viiveprofiili τ_k esimerkiksi suuntaamattomalla antennikuviolla. Täten havaitaan ne mahdolliset viiveet, joilla vastaanotetaan signaalikomponentteja. Tämän jälkeen ohjataan vaiheistusvälineitä 634 pyyhkäisemään kapea suuntaava keila eri suuntakulmien yli samalla ohjaten mittausvälineitä mittaamaan sanotuilla ensimmäisessä mittauksessa havaituilla viiveen arvoilla. Täten saadaan eri viiveellä saapuneiden komponenttien tulosuunnat α_j .

Havaittujen signaalikomponenttien parametrit ilmoitetaan siis kanavaelementin ohjausvälineille 612. Ohjausvälineet allokoivat vastaanotinelementit 600, 602 vastaanottamaan ja demoduloimaan parhaimpia havaittuja signaalikomponentteja ilmoittamalla vastaanotinelementille signaalikomponentin tulosuunnan ja viiveen. Kuten jo mainittiin, vastaanotinelementtien ohjaus voi tapahtua myös suoraan etsijäyksiköltä 604 ilman erillisiä ohjausvälineitä.

Tarkastellaan seuraavaksi digitaalisen vastaanotinyksikön 600, 602 toimintaa kuvioon 6 viitaten. Vastaanotinyksikön tehtävänä on, kuten tavanomaisessa RAKE-vastaanottimessa, vastaanottaa ja demoduloida annettu signaalikomponentti. Oletetaan, että kanavaelementin ohjausvälineet 612 on allokoanut vastaanotinyksikön vastaanottamaan tiettyä signaalikomponenttia, jonka parametrit ovat tulokulma α_j ja viive τ_k .

Vastaanotinyksikkö 600, 602 käsittää seurantavälineet 624, 632, joille kanavaelementin ohjausvälineet 612 välittävät tiedon seurattavan signaalikomponentin vaiheesta ja tulosuunnasta. Seurantavälineet ohjaavat vastaanotinyksikön ensimmäisiä vaiheistusvälineitä, joiden sisäänmenona on antenniryhmältä saatava digitalisoitu signaali. Vaiheistusvälineet 618, 626 ovat rakenteeltaan samankaltaiset kuin etsijäyksikössä olevat vaiheistusvälineet 634. Seurantavälineet asettavat ohjausyksiköltä saamansa tulokulmatiedon α_j perusteella kompleksiset painokertoimet w_i ($i=1, \dots, L$) siten, että vaiheistusvälineiden ulostulossa näkyy halutusta tulosuunnasta tuleva signaali. Tämä voidaan siis käsittää haluttuun suuntaan osoittavana vastaanotinantennikeilana, jolla on ennaltamäärätty muoto.

Vastaanotinyksikkö 600, 602 käsittää edelleen demodulointivälineet 620, 628, joiden sisäänmenossa on vaiheistusvälineiltä 618, 626 saatava signaali. Seurantavälineet 624, 632 ohjaavat demodulointivälineet tahdistumaan annetulla viiveellä τ_k saapuvaan signaalikomponenttiin. Demodulointivälineissä signaalille suoritetaan hajotuskoodauksen purku ja demodulointi tunnetun tekniikan mukaisesti käyttäen koodivaiheena annettua τ_k :ta. Saadut symbolit viedään viivetiedon kera kanavaelementin muihin osiin.

Vastaanotinyksikkö 600, 602 käsittää edelleen toiset vaiheistusvälineet 622, 630, joiden sisäänmenossa on antenniryhmältä saatava digitalisoitu signaali. Toisten vaiheistusvälineiden ulostulosignaali on viedään seurantavä-

lineille 624, 632. Seurantavälineet ohjaavat toisten vaiheistusvälineiden toimintaa mitaten niiden avulla vastaanottimelle allokoitun signaalikomponentin sen hetkisten parametrien (α_j, τ_k) ympäristöä tarkoituksena havaita vastaanotetun signaalikomponentin tulosuunnan ja viiveen mahdolliset muutokset. Tähän tarkoitukseen toiset vaiheistusvälineet käsittävät ensimmäisten vaiheistusvälineiden kaltaiset kompleksiset kertojat signaalin vaiheistamiseksi sekä etsijäyksikössä sijaitsevan mittausvälineiden 636 kaltaiset välineet impulssivasteen mittaamiseksi. Mikäli seurantavälineet havaitsevat toisten vaiheistusvälineiden avulla halutun signaalikomponentin tulosuunnassa α_j tai viiveessä τ_k muutoksia, ne päivittävät sanotut tiedot ensimmäisille vaiheistusvälineille ja demodulointivälineille.

Tunnetussa tekniikassa on esitetty useita tapoja, joilla seurantavälineet 624, 632 voidaan toteuttaa hajaspetrijärjestelmässä, kuten Early-Late-portit, joita voidaan käyttää keksinnön mukaisessa ratkaisussa. Nämä piirit estimoivat koodin ajastusvirheen suorittamalla kaksi energiamittaukseen annetulla aikaerolla, joka ero $\Delta\tau$ tyypillisesti on murto-osa hajotuskoodin chippiajasta sen hetkisen asetuspisteen τ_k ympäristössä. Energiamittaukset suoritetaan toisten vaiheistusvälineiden 622, 630 mittausvälineillä, joista saadaan nimellisen asetuspisteen τ_k tarvitsema korjaustieto viiveen muuttuessa.

Vastaavasti voidaan seurata signaalin saapumiskulman α_j muutoksia toisten vaiheistusvälineiden avulla. Voidaan esimerkiksi suorittaa annetulla viiveellä τ_k kaksi tai useampia energiamittauksia antennikeiloilla, joita on poikkeutettu vaiheistuksen avulla kulman $\Delta\alpha$ verran molempiin suuntiin sen hetkisestä saapumiskulmasta α_j . Käytetyn poikkeaman $\Delta\alpha$ suuruus on tyypillisesti murto-osa antennikeilan leveydestä.

Täten seurantavälineet 624, 632 ohjaavat toisilla

vaiheistusvälineillä 622, 630 suoritettavia energiamittauksia, jotta koko ajan voitaisiin vastaanottaa signaalia suurimmalla mahdollisella energialla. Seurantavälineet päivittävät tiedot muuttuneista parametreista (α_j, τ_k) ensimmäisille vaiheistusvälineille ja demodulointivälineille sekä myös kanavaelementin ohjausvälineille 612, jotta tietoa voitaisiin tarvittaessa käyttää hyväksi lähetyssuunnassa.

Yllä kuvattua vastaanotetun signaalin maksimointia voidaan verrata tavanomaisissa järjestelmissä hyödynnettyyn vastaanotinantennidiversiteettiin, jossa signaali vastaanotetaan kahdella tai useammalla toisistaan usean vastaanotetun signaalin aallonpituuden suuruisella etäisyydellä sijaitsevalla antennilla. Keksinnön mukaisessa vastaanottimessa, jos saapumiskulmalla α_j vastaanotettu signaali joutuu syvään ja pitkään häipymistilanteeseen, muuttamalla vastaanottokeilan kulmaa pienen kulman $\Delta\alpha$ verran todennäköisesti poistaa häipymää. Täten ei tarvita kahta erillistä toisistaan annetun etäisyyden päässä sijaitsevaa antennia.

Kanavaelementin diversiteettiyhdistelijän 608 ja dekooderin 610 toiminta on samankaltainen kuin tunnetun tekniikan mukaisissa diversiteettivastaanottimissa. Yhdistelijä 608 yhdistää eri vastaanotinelementeiltä saapuvat symbolijonot ottaen huomioon ja kompensoiden niiden erilaiset viiveet τ_k , mahdollisesti painottaen eri symbolijonoja niiden signaalikohinasuhteiden mukaisesti maksimisuhdeyhdistelyn saavuttamiseksi. Näin saatu yhdistelty symbolijono viedään dekooderille 610, joka dekodaa symbolit käyttäjän databiteiksi, suorittaen sitä ennen yleensä lomituksen purun. CDMA-sovelluksissa käytetään yleensä vahvaa konvoluutiokoodausta, jolle paras ilmaisumenetelmä on pehmeän päätöksen antava Viterbi-algoritmi.

On selvää, että esitetyn kaltaista kanavaelementtiä voidaan myös käyttää yhteydenmuodostuskanavan tarkkailuun

ja vastaanottoon. Tällöin käytetyt vastaanottosuunnan antennikeilat ovat leveämpiä antennikuvioltaan, ollen esimerkiksi 120 astetta leveitä, koska yhteydenmuodostusvies-
tejä lähettävien liikkuvien asemien tarkkaa sijaintia ei
5 tunneta.

Tarkastellaan seuraavaksi digitaalisen lähetysyksikön 606 toimintaa kuvioon 6 viitaten. Käyttäjän databitit viedään ensin kooderille 614, joka koodaa bitit tyypillisesti konvoluutiokoodilla ja suorittaa lomituksen kooda-
10 tuille symboleille. Saadut lomitetut symbolit viedään ha-
jaspektrimodulaattorille 642, joka suorittaa tavanomaisen moduloinnin. Yllä kuvatut toiminnot voidaan kaikki suorittaa tunnetun tekniikan mukaisesti.

Esillä olevassa keksinnössä lähetinyksikkö käsittää
15 kuitenkin välineet 644, 640 ohjata ja vaiheistaa lähetet-
tävää signaalia digitaalisesti vasteellisena vastaanote-
tulle signaalille. Keksinnön mukaisessa lähetinyksikössä
välineet 644 lähetyskeilan säätämiseksi saavat sisään-
menona kanavaelementin ohjausvälineiltä 612 tiedon liikku-
20 van aseman signaalin vastaanotossa käytetyistä tulosuun-
nista eri vastaanotinyksiköissä 600, 602. Lisäksi ohjain-
välineet 612 voivat ilmoittaa muut etsijäyksikön 604 ha-
vaitsemat signaalin tulosuunnat, joita kaikkia ei siis
välttämättä hyödynnetä signaalin vastaanotossa.

Lähetinyksikön välineet 644 lähetyskeilan säätämi-
25 seksi ohjaavat vaiheistusvälineitä 640, jotka laskevat en-
naltamäärätyistä keilanmuodostusfunktioista $J \times L$ komplek-
sista painokerrointa w_{ij} ($i = 1, \dots, L$; $j = 1, \dots, J$), joilla
aikaansaadaan J antennikeilaa L :n antennielementin avulla.
30 Antennikeilojen suunnan ja lukumäärän lisäksi välineet 644
ohjaavat vaiheistusvälineitä 640 kertomalla kullakin kei-
lalla käytettävän lähetystehon, jonka välineet 644 saavat
kanavaelementin ohjausvälineiltä 612.

Vaiheistusvälineiden 640 rakenne voi olla aiemmin
35 vastaanottosuunnassa kuvattujen vaiheistusvälineiden 618,

626, 634 kaltainen. Vaiheistusvälineissä modulointivälineiltä 642 tulleet lähetettävän signaalin digitoidut (I,Q)-näytteet kerrotaan siis L:llä kappaleella kompleksisia painokertoimia, jossa L on siis antennielementtien lukumäärä, seuraavasti:

$$v_i = \sum_{j=1}^J g_j w_{ij}, \quad i = 1, \dots, L$$

jolloin saadaan L kompleksista näytejonoa antenniryhmälle. Kompleksisessa kertolaskussa käytetään myös reaalista skaalauskerrointa g_j ($j=1, \dots, J$), joka saadaan säätövälineiltä 644 ja jota voidaan käyttää kunkin antennikeilan itsenäiseen tehonsäätöön. Säätövälineet 644 kertovat myös käytettävän taajuuden, jotta painokertoimet w_{ij} saadaan asetettua oikein.

Keksinnön mukaisessa ratkaisussa hyödynnetään erityistä keilanohtausinformaatiota, jota käsittävän mittausraportin liikkuva asema generoi vastaanottamansa signaalin perusteella ja lähettää tukiasemalle joko ohjauskanavalla tai liikennekanavalla. Keksinnön mukaisessa laitteistossa on välineet 616 demultipleksata ja ilmaista sanotut mittausraportit vastaanotetusta signaalista. Ilmaisua voidaan suorittaa jo ennen dekodoria 610 jos halutaan nopeata vastetta. Sanottu keilanohtausinformaatio välitetään lähetyksikön säätövälineille 644.

Välineet 644 lähetyskeilan säätämiseksi ohjaavat vaiheistusvälineitä 640 kanavaelementin ohjausvälineiltä tulevan informaation ja liikkuvan aseman lähettämien keilanohtausinformaation perusteella. Säätö voidaan suorittaa monin tavoin parametreja α_j ja g_j ($j=1, \dots, J$) eri tavoin muuntamalla. Säädön avulla keilojen painoituksia voidaan muuttaa, jotta laskevan siirtosuunnan yhteydenlaatu saadaan mahdollisimman hyväksi. Esimerkiksi joillakin antennikeiloilla käytettävää lähetystehoa voidaan itsenäisesti säätää tai joidenkin antennikeilojen suuntakulmaa α_j muut-

taa annetun kulman $\Delta\alpha$ verran tai käytettyjen antennikeilojen lukumäärää voidaan muuttaa. Näillä toimenpiteillä voidaan kompensoida radiotiellä tapahtuvia signaalin laadun huononemisia kuten häipymiä.

5 Keksinnön mukaisessa ratkaisussa lähetysyksikössä 606 säätövälineet 644 voivat poikkeuttaa yhden tai useamman käytetyn antennikeilan suuntaa pieniä määriä $\Delta\alpha$ annetun suuntakulman α_j ympäristössä. Tällaisen poikkeutuksen ansiosta voidaan pienentää todennäköisyyttä, että liikkuva
10 asema olisi pitkiä aikoja syvässä häipymässä. Koska antennikeilan suuntakulma värisee jatkuvasti nimellisen suuntakulman α_j ympärillä, ei radiotiellä edennyt signaali kulje jatkuvasti samaa reittiä. Kyseistä menetelmää voidaan pitää eräänlaisena uudentyyppisenä antennidiversiteettinä
15 siirtosuunnassa tukiasemalta päätelaitteelle.

Edelleen keksinnön mukaisessa ratkaisussa säätövälineet 644 voivat ohjata vaiheistusvälineitä 640 siten, että antenniryhmältä aikaansaadaan suuritehoinen laajan antennikeilan omaava signaali painokertoimien w_{ij} ($i=$
20 $1, \dots, L; j=1, \dots, J$) ja kertoimien g_j ($j=1, \dots, J$) sopivalla asettelulla. Saatu antennikuvio voi olla esimerkiksi sektorikuvio tai ympärisäteilevä kuvio. Täten voidaan lähettää esimerkiksi datamoduloimatonta pilottisignaalia kiinteällä antennikuviolla. Samaa menetelmää voidaan soveltaa
25 myös ohjauskanavien lähetykseen.

Edelleen keksinnön mukaisessa ratkaisussa säätövälineet 644 voivat ohjata vaiheistusvälineitä 640 siten, että painokertoimien w_{ij} ($i=1, \dots, L; j=1, \dots, J$) ja kertoimien g_j ($j=1, \dots, J$) sopivalla asettelulla antenniryhmältä
30 aikaansaadaan yksi tai useampi verrattain kapean antennikeilan omaava signaali, jonka suurimman vahvistuksen kulma pyyhkii jatkuvasti solun alueen ylitse. Saatua antennikuviota voidaan käyttää datamoduloimattoman pilottisignaalin lähetykseen.

35 Seuraavassa selostetaan keksinnön toista edullista

toteutusmuotoa, jossa sovelletaan vastaanotetun ja lähetettävän signaalin analogista vaiheistusta CDMA-järjestelmässä.

Kuviossa 7 havainnollistetaan esimerkkiä keksinnön toisen edullisen toteutusmuodon mukaisesta laitteistosta lohkokaaavion avulla. Laitteisto käsittää vastaanottosuunnassa annetun lukumäärän L antennielementtejä 700 - 704, ja lähetys suunnassa joukon antennielementtejä 772 - 776. Lähetinvastaanottimessa lähetin- ja vastaanottoantennit voivat olla samoja, jolloin käytetään duplex-suodatusta erottamaan eri siirtosuunnat toisistaan. Kuviossa on esitetty eri antennielementit eri siirtosuunnille. Antennielementtien muodostama ryhmä voi olla lineaarinen, planaarinen (2-dimensioinen) tai ympärisäteilevä. Antenniryhmä vastaanottaa monitie-edenneen useasta eri suunnasta ja eri tavoin viivästyneen signaalin kultakin liikkuvalta asemalta kullakin L :llä elementillä.

Antennielementit on kytketty RX-matriisiin 706, joka suorittaa antennielementeillä vastaanotetulle analogisessa muodossa olevalle signaalille vaiheistuksen siten, että matriisin ulostulossa 708 on K kappaletta signaaliulostuloja, joista kukin ulostulo vastaa tietyyn, etukäteen määrättyyn signaalin tulosuuntaan osoittavan antennikeilan vastaanottamaa signaalia. Matriisi voidaan toteuttaa tunnetun tekniikan mukaisilla ratkaisuilla, kuten esimerkiksi Butler-matriisilla, joka on toteutettu passiivisilla 90° hybrideillä ja vaiheen siirtäjillä. Matriisilla 706 luotujen antennikeilojen lukumäärä K ei välttämättä ole sama kuin antennielementtien lukumäärä L .

Antennikeilat aikaansaadaan siis vastaanottosuunnassa vaiheistamalla antenneilla vastaanotettua signaalia ja lähetys suunnassa vaiheistamalla antenneilla lähetettävää signaalia. Käytetyt antennikeilat ovat vakioita ja niiden suuntia ei voi muuttaa. Antennikeilojen lukumäärä riippuu matriisin 706 toteutuksesta ja ne voidaan laittaa halutun

kulmaväleihin toisistaan ja halutun kapeiksi.

Matriisin ulostulosignaali 708 viedään tarvittaessa joukolle vähäkohinaisia vahvistimia 710, jotka kompensoivat kaapelivaimennuksia ja muita häviöitä. Näin vahvistetut L signaalia viedään radiotaajuusosille 712 - 716, jotka suorittavat kullekin signaalille alassekoituksen välitaajuudelle ja tarvittavat suodatukset. Radiotaajuusosat voidaan toteuttaa tunnetun tekniikan mukaisella tavalla.

Välitaajuiset signaalit viedään seuraavaksi muunninvälineille 718 - 722, jotka muuntavat analogisen signaalin digitaalisiksi näytteiksi. Muunnos voidaan suorittaa tunnetun tekniikan mukaisilla tavoilla kaupallisesti saatavilla komponenteilla. Tyypillisesti välineissä suoritetaan kompleksinen näytteistys I- ja Q-komponenteiksi.

Muunninvälineiden 718, 720, 722 ulostulosignaali 724, 726, 728 viedään edelleen joukolle kanavaelementtejä 738, 740, 742 kutakin kanavaelementtiä edeltävän RX-kytkimen 732, 734, 730 kautta. Kaikki muuntimien ulostulosignaali 730 viedään kaikille RX-kytkimille. Kullakin RX-kytkimellä on siis K-kappaletta sisäänmenoja ja yksi tai useampia ulostulosignaaleja, jotka viedään vastaavalle kanavaelementille. RX-kytkimen tehtävänä on johtaa halutun antennikeilan vastaanottama signaali kanavaelementin halutulle komponentille kanavaelementiltä tulevan ohjauksen mukaisesti.

Yllä kuvattu vastaanotinrakenne voidaan luonnollisesti toteuttaa myös siten, että mainituista osista (antennielementit 700 - 704, vahvistimet 710, radiotaajuusosat 712 - 716 ja muunninvälineet 718 - 722) yhdet tai useammat sijaitsevat joko yhteen integroituina tai erikseen. Yksityiskohdiltaan toteutus tällöin vaihtelee, kuten alan ammattimiehelle on selvää, esimerkiksi siten, että jos radiotaajuusosat sijaitsevat antenniryhmän yhteydessä ei vahvistimia 710 välttämättä tarvita.

Tarkastellaan seuraavassa keksinnön toisen toteutusmuodon mukaisen vastaanottimen kanavaelementin rakennetta ja toimintaa kuviossa 8 esitetyn lohkokaaavion avulla. Kanavaelementti käsittää yhdet tai useammat välineet 804, 806, 808 signaalin demoduloimiseksi, joista välineistä kuvioon on piirretty kolme, yhden tai useampia etsijäyksiköitä 802, joista kuviossa on esitetty yksi, diversiteettiyhdistelijän 608, jonka sisäänmenossa on vastaanotinyksiköiltä tuleva signaali ja, dekodeerin 610, jonka sisäänmenoon on kytketty diversiteettiyhdistelijän 608 ulostulossa näkyvä signaali.

RX-kytkimen 732 sisäänmenoissa In#1 - In#K on siis muunninvälineiltä 718 - 722 tulevat K signaalia 730. Kanavaelementti 738 käsittää siis etsijäyksikön 802, jonka tehtävänä on suorittaa moniulotteisesta signaaliavaruudesta parhaiden signaalikomponenttien etsintä, kuten ensimmäisen toteutusmuodon etsijäyksikköä kuvattaessa on selostettu. Esillä olevassa toteutusmuodossa etsijäyksikkö 802 etsii RX-kytkimen sisäänmenoista, joista kukin vastaa siis tietyistä suunnasta tulevaa signaalikomponenttia, parhaimmat signaalikomponentit mittaamalla viiveprofiiliin kunkin RX-kytkimen sisäänmenosta. Viiveprofiiliin mittaus voidaan suorittaa tavanomaisen RAKE-vastaanottimen etsijähaaravoin. Mittauksen tuloksena etsijäyksikkö saa siis selville parhaimpien signaalikomponenttien tulosuunnat ja viiveet. Etsijäyksikkö ohjaa demodulointivälineet 804, 806, 808 tahdistumaan parhaimpiin komponentteihin antamalla kullekin demodulointivälineelle tiedon halutun komponentin viiveestä ja ohjaamalla RX-kytkimeltä kyseisen suunnan signaalin vastaavalle demodulointivälineelle.

Demodulointivälineet 804, 806, 808 demoduloivat siis annetun signaalin ja seuraavat signaalin viiveen ja tulosuunnan muutoksia tarvittaessa siirtyen vastaanottamaan uutta antennikeilaa RX-kytkimen avulla. Demodulointivälineiden ulostulosignaalit viedään toisteyhdistelijälle 608,

joka edullisesti yhdistelee demoduloidut symbolit ja ilmaisee lähetetyn informaation. Toisteyhdistelijän ulostulosignaali viedään edelleen dekodausvälineille 610, joka purkaa symbolien lomituksen ja dekodaa informaatiojonon.

5 Edellä kuvattu vastaanotinrakenne toteuttaa siis keksinnön mukaisen ratkaisun analogisen vaiheistuksen avulla. Vastaanotossa vaiheistuksen avulla aikaansaadaan joukko (K-kappaletta) kiinteitä antennikeiloja, joiden vastaanottamista signaalikomponenteista valitaan demoduloitaviksi ne, jotka ovat voimakkuudeltaan parhaimpia. Päätelaitteen liikkuesssa ja signaalin tulosuuntien täten muuttuessa vaihdetaan demoduloitavaksi aina sen antennikeilan signaali, joka antaa parhaimman signaalivoimakkuuden.

15 Tarkastellaan seuraavaksi keksinnön toisen edullisen toteutusmuodon lähetinratkaisua aluksi kuvioon 8 viitaten.

Käyttäjän databitit viedään ensin kooderille 614, joka koodaa bitit tyypillisesti konvoluutiokoodilla ja suorittaa lomituksen koodatuille symboleille. Saadut lomitettut symbolit viedään hajaspektrimodulaattorille 642, joka suorittaa tavanomaisen moduloinnin. Yllä kuvatut toiminnot voidaan kaikki suorittaa tunnetun tekniikan mukaisesti.

25 Esillä olevassa keksinnössä lähetintoteutus käsittää edelleen välineet 802 ohjata lähetettävän signaalin analogista vaiheistusta vasteellisena vastaanotetulle signaalille. Etsijäyksiköllä 802 on suorittamiensa mittauksen perusteella siis tiedossaan suuntakulmat, ja niitä vastaavat antennikeilat, joista vastaanotetaan parhaimmat signaalikomponentit. Etsijäyksikkö on siis allokooinut joukon demodulointivälineitä vastaanottamaan sanottuja komponentteja. Käytännön toteutuksessa lähetyspuolen ohjaus voi tapahtua etsijäyksikössä tai erillisessä ohjausyksikössä. Yksinkertaisuuden vuoksi tässä on kuvattu vain ensimmäistä vaihtoehtoa siihen kuitenkin rajoittumatta. Keksinnön mu-

kainen ajatus on molemmissa vaihtoehtoissa kuitenkin sama. Kuten aiemmin on kuvattu, keksinnön mukaisessa ratkaisussa havaittuja hyvän signaalitason käsittäviä tulosuuntia käytetään hyväksi lähetettäessä signaalia vastakkaiseen siirtosuuntaan.

Tarkastellaan lähetinosan toteutusta seuraavassa kuvion 7 avulla. Lähetin käsittää annetun lukumäärän L antennielementtejä 772, 774, 776, jotka voivat siis olla samoja kuin vastaanottosuunnassa olevat antennielementit. Antennielementit on kytketty TX-matriisiin 770, jonka tehtävänä on analogisesti vaiheistaa lähetettävää signaalia eri antennielementeille siten, että suuntakuvion pääkeila osoittaa haluttuun suuntaan. TX-matriisiin sisäänmenossa on K-kappaletta signaalia 756, jotka on saatettu analogiseen muotoon D/A-muuntimissa 758 - 762 ja muunnettu radiotaajuudelle ja vahvistettu radiotaajuusosissa 764 - 768. Kuten vastaanotinpuolen kuvauksen yhteydessä jo mainittiin, yllä kuvatut komponentit voidaan käytännössä toteuttaa usealla tavalla joko yhdessä tai erikseen, kuten alan ammattimiehelle on selvää.

TX-matriisi vaiheistaa sisäänmenossa olevat K signaalia siten, että antenneilta saadaan K:hon eri suuntaan antennikeilat, joiden suunnat ovat kiinteitä ja jotka yhdessä kattavat halutun alueen. Toteutukseltaan TX-matriisi 770 on RX-matriisin 706 kaltainen, ja voidaan toteuttaa esimerkiksi Butler-matriisilla, joka on toteutettu passiivisilla 90° hybrideillä ja vaiheen siirtäjillä. Matriisilla 770 luotujen antennikeilojen lukumäärä K ei välttämättä ole sama kuin antennielementtien lukumäärä L.

Kultakin kanavaelementiltä 738, 740, 742 viedään moduloitu datasignaali ja etsijäyksiköltä saatava ohjaus 746 TX-kytkentämatriisille 744, jolta signaalit viedään edelleen summainvälineille 754. Tarkastellaan kytkinmatriisin 744 ja summainvälineen 754 toimintaa tarkemmin kuvion 9 avulla.

TX-kytkentämatriisi käsittää kutakin kanavayksikköä vastavan TX-kytkimen 900, 902, 904, joiden sisäänmenona on kanavayksiköltä tuleva lähetettävä moduloitu datasiignaali ja kanavayksikön etsijäyksiköltä tuleva ohjaussignaali
 5 746, 748, 750. TX-kytkimen ulostulossa on K-kappaletta lähtöjä 746a - 746i, eli yhtä monta kuin on lähetysantennikeiloja. Kukin TX-kytkimen tehtävänä on reitittää kanavaelementiltä tuleva signaali oikeisiin lähetyskeiloihin summattavaksi muilta kanavaelementeiltä tulevien samaan
 10 keilaan menevien signaalien kanssa kanavaelementiltä tulevan ohjauksen perusteella. TX-kytkin ohjaa sisääntulevan datasiignaalin yhteen tai useampaan ulostuloon Txout#1 - Txout#K, riippuen kanavaelementiltä tulevasta ohjauksesta, eli siitä mihin antennikeiloihin signaali on tarkoitettu.
 15 Kukin lähtö on kvadratuurinen ja signaalitasolla painotettu digitaalinen näyte.

Kukin kytkimen lähtö 746a - 746i viedään yhteen summausvälineen 745 K:stä summaimesta 906 - 910. Kukin summain summaa eri kanavayksiköltä lähtöisin olevat annetulle
 20 antennikeilalle tarkoitettut datasiignaalit digitaalisesti keskenään. Tarvittava bittimäärä lähtevää näytettä kohden saadaan kaavasta $2 * (\log(n) + m)$, missä n on summainnten sisäänmenojen (kanavayksiköiden) lukumäärä, log kaksikantainen logaritmi ja m on näytteiden bittilukumäärä.

25 TX-kytkimien ulostulot 756a - 756c viedään kukin vastaavalle muunninvälineelle 758 - 762 ja edelleen antenneillem analogisen vaiheistusmatriisin kautta, kuten aiemmin on kuvattu.

Keksinnön toisessa edullisessa toteutusmuodossa hyödynnetään erityistä keilanohtausinformaatiota, jonka liikkuva asema generoi vastaanottamansa signaalin perusteella ja jota informaatiota käsittävän mittausraportin liikkuva asema liittää tukiasemalle lähettämäänsä signaaliin. Kuvi-
 30 oon 8 viitaten, keksinnön mukaisessa vastaanottimessa on välaineet 616 demultipleksata ja ilmaista sanottu mittaus-

raportti vastaanotetusta signaalista. Ilmaisu voidaan suorittaa jo ennen dekodointia 610 viiveiden välttämiseksi. Sanottu keilanohtausinformaatio välitetään kanavayksikön etsijäyksikölle 802.

5 Etsijäyksikkö 802 valitsee lähetyksessä käytettävät antennikeilat mittaamansa informaation ja liikkuvan aseman lähettämien keilanohtausinformaation perusteella siten, että laskevan siirtosuunnan yhteyden laatu saadaan maksimoitua.

10 Keksinnön toisessa edullisessa toteutusmuodossa voidaan solun alueen yli kapeana antennikeilana pyyhkivä pilottisignaali toteuttaa sillä tavoin, että pilottisignaalin lähetyksessä käytettävää antennikeilaa vaihdetaan siten, että lähetetään pilottisignaali järjestyksessä kutsu-
15 kin antennikeilaa käyttäen, jolloin pilottisignaali pyyhkii solun alueen ylitse vaiheittain.

Vaikka keksintöä on edellä selostettu viitaten oheisten piirustusten mukaisiin esimerkkeihin, on selvää, ettei keksintö ole rajoittunut niihin, vaan sitä voidaan
20 muunnella monin tavoin oheisten patenttivaatimusten esittämän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa.

Antennikeilojen suuntaista voidaan esimerkiksi käyttää sekä vertikaalisessa että horisontaalisessa suunnassa, jolloin yllä kuvattu (α, τ) -avaruus voidaan käsittää
25 (α, β, τ) -avaruutena, jossa α käsittää vertikaalisen kulman, β horisontaalisen kulman ja τ viiveen.

Eräs mahdollisuus on myös hyödyntää koherentteja, epäkoherentteja tai differentiaalisesti koherentteja modulaatio- ja demodulaatiomenetelmiä kanavaelementeissä. Esimerkiksi koherentin demoduloinnin mahdollistamiseksi liik-
30 kuvassa asemassa tukiasema voi sisällyttää ylimääräisen hajotuskoodatun signaalin ilman datamodulointia jokaiseen antennikeilaan vaihereferenssiksi. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää tunnettuja referenssisymboleita samaan tarkoitukseen.
35

Eräs keksinnön toteutusvaihtoehto on myös keskittää kanavaelementtien digitaalisia vaiheistusvälineitä 618 - 634 yhteiseen vaiheistusvälinelohkoon, joka palvelee kaikkia kanavaelementtejä.

Patenttivaatimukset:

1. Tukiasemalaitteisto (100) halutun käyttäjän signaalin vastaanottamiseksi ja lähettämiseksi, joka vastaanotettava signaali voi saapua laitteistoon useaa eri reittiä usealla eri viiveellä, ja joka laitteisto käsittää yhden tai useamman useasta elementistä koostuvan antenniryhmän (500, 700-704, 772-776), yhden tai useamman kanavayksikön (504-508, 738-742), ja joka kanavayksikkö käsittää välineet (600 - 606, 706, 770) vaiheistaa antenniryhmällä (500, 700-704, 772-776) lähetettävää ja vastaanotettavaa signaalia siten, että antenniryhmästä saatava vahvistus on suurimmillaan halutussa suunnassa, ja välineet (616) erottaa liikkuvalta asemalta (102) vastaanotetusta informaatiosta yhteydenlaatutieto, t u n n e t t u siitä, että kanavayksikkö (504-508, 738-742) käsittää välineet (604, 732, 802) etsiä vastaanotettujen signaalikomponenttien tulosuunnat ja viiveet, ja välineet (604, 744, 802) ohjata vastakkaisen siirtosuunnan vaiheistusvälineitä (606, 770) sanotun tiedon ja liikkuvalta asemalta vastaanotetun yhteydenlaatutiedon perusteella.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen tukiasemalaitteisto, t u n n e t t u siitä, että välineet (616) erottavat vastaanotetusta signaalista liikkuvan aseman lähettämän tiedon liikkuvalla asemalla vastaanotettujen signaalikomponenttien lukumäärästä, laadusta ja suhteellisista viiveistä.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen tukiasemalaitteisto, t u n n e t t u siitä, että kanavayksikkö (504-508, 738-742) käsittää vaiheistusvälineet (606, 770), jotka painottavat käytettyjä lähetysuuntia siten, että laskevan siirtosuunnan yhteyden laatu saadaan maksimoitua.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen tukiasemalaitteisto, t u n n e t t u siitä, että tukiasemalaitteisto käsittää antenniryhmään (500) kytketyn joukon radiotaa-

juusyksikköjä (500), yhden tai useamman kanavayksikön (504-508), joiden yksikköjen sisäänmenossa on radiotaajuusosilta (500) saatava signaali ja joka kanavayksikkö käsittää ainakin yhdet välineet (618) vaiheistaa antenniryhmällä (500) vastaanotettua signaalia siten, että antenniryhmästä saatava vahvistus on suurimmillaan halutussa suunnassa, ja ainakin yhdet välineet (620) demoduloida haluttu vastaanotettu signaalikomponentti ja joiden demodulointivälineiden sisäänmenona on vaiheistusvälineiden (618) ulostulosignaali, ja välineet (624, 638) etsiä vastaanotettujen signaalikomponenttien tulosuunnat ja viiveet ja välineet (624, 638) ohjata vaiheistusvälineitä (618) ja demodulointivälineitä (620) sanotun tiedon perusteella.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen tukiasemalaitteisto, t u n n e t t u siitä, että kukin kanavayksikkö (504) käsittää kanavayksikön toimintaa säättävän ohjausyksikön (612), ainakin yhden vastaanotinlohkon (600-602) ja ainakin yhden etsijälohkon (604), joiden lohkojen sisäänmenossa on radiotaajuusosilta (500) saatava signaali, ja toisteystyhdistelijän (608), jonka sisäänmenona on vastaanotinlohkoilta (600-602) saatavat signaalit, sekä välineet (610) yhdistetyn signaalin dekoddaamiseksi.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen tukiasemalaitteisto, t u n n e t t u siitä, että etsijälohko (604) käsittää vaiheistusvälineet (634), joiden sisäänmenona on radiotaajuusosilta (500) saatava signaali, ja välineet (636) havaita käsittääkö vaiheistusvälineistä (634) saatava tietyistä tulosuunnasta vastaanotettu signaali tietyn viiveen omaavaa haluttua signaalikomponenttia ja mitata sanotun signaalikomponentin laatu, sekä välineet (638) ohjata vaiheistusvälineitä (634) ja mittausvälineitä (636) siten, että vastaanotettavan signaalin halutut tulosuunnat ja viiveet saadaan mitattua, ja välineet (636) ilmoittaa kanavaelementin ohjausyksikölle (612) kunkin havaitun signaalikomponentin tulosuunta, viive ja laatu.

7. Patenttivaatimuksen 5 mukainen tukiasemalaitteisto, t u n n e t t u siitä, että lähetinlohko (606) käsittää modulointivälineet (642), jonka sisäänmenona on koodausvälineiltä (614) saatava signaali, vaiheistusvälineet (640), joiden sisäänmenona on modulointivälineiden ulostulossa näkyvä signaali, sekä välineet (644) ohjata vaiheistusvälineitä (640) siten, että lähetettävän signaalin suurin vahvistus saadaan haluttuun suuntaan.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen tukiasemalaitteisto, t u n n e t t u siitä, että vaiheistusvälineet (618, 622, 634) käsittävät välineet (412-416) kertoa kullakin antennielementillä vastaanotettu signaalikomponentti kullekin komponentille erikseen asetettavalla kompleksisella painokertoimella, jotka kertoimet ohjaavat ennaltamäärätyn vahvistuskuvion suurimman vahvistuksen kulman osoittamaan haluttuun suuntaan.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen tukiasemalaitteisto, t u n n e t t u siitä, että laitteisto käsittää antenniryhmään (700-704) kytketyt välineet (706) analogisesti vaiheistaa vastaanotettua signaalia siten, että antenniryhmästä saatava vahvistus on suurimmillaan halutuissa keilamaisissa suunnissa, joukon radiotaajuusyksiköjä (712-716), joiden sisäänmenossa on vaiheistettu signaali, radiotaajuusyksiköiden ulostuloon kytketyt välineet (718-722) signaalin digitalisoimiseksi, yhden tai useamman kanavayksikön (738-742), joiden yksikköjen sisäänmenossa on digitalisoitu signaali ja joka kanavayksikkö käsittää ainakin yhden mittaus- ja kytkinvälineet (802, 732) etsiä vastaanotetusta signaalista parhaimpien signaalikomponenttien tulosuuntia vastaavat antennikeilat ja mitata sanotujen komponenttien viiveet, ja välineet (802, 732) ohjata kanavayksikön demodulointivälineille (804-808) sanotut komponentit.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen tukiasemalaitteisto, t u n n e t t u siitä, että laitteisto käsittää

antenniryhmän (772-776) sisäänmenoihin kytketyt välineet (770) analogisesti vaiheistaa antenniryhmällä lähetettävää signaalia siten, että antenniryhmästä saatava vahvistus on suurimmillaan halutuissa keilamaisissa suunnissa, vaiheistusvälineiden sisäänmenoon kytketyn joukon radiotaajuusyksikköjä (764-768), joiden sisäänmenossa on signaalin digitalisoimisvälineiden (758-762) ulostulosignaali, ja että laitteisto käsittää välineet (744) kytkeä kustakin kanavaelementistä (738 - 742) tuleva lähetettävä signaali halutuille antennikeiloille kanavaelementistä tulevan ohjauksen perusteella, ja kytkentävälineiden (744) ulostuloon kytketyt välineet (754) summata samaan antennikeilaan tarkoitettut signaalit keskenään, ja joiden summausvälineiden ulostulo on kytketty digitalisoimisvälineiden (758-762) sisäänmenoon.

11. Patenttivaatimuksen 9 mukainen tukiasemalaitteisto, t u n n e t t u siitä, että analogiset vaiheistusvälineet (706) käsittävät joukon ulostuloja, jossa kussakin ulostulossa näkyy tiettyyn suuntaan osoittavan antennikeilan vastaanottama signaali.

12. Patenttivaatimuksen 8 mukainen tukiasemalaitteisto, t u n n e t t u siitä, että kytkinvälineet (730-734) ohjaavat niiden sisäänmenossa näkyvistä analogisten vaiheistusvälineiden (706) digitalisoiduista ja välitaa-juudelle muutetuista ulostuloista halutut signaalit mittaussvälineiden (802) ohjaamina halutuille demodulointivälineille (804-808), ja että mittaussvälineet (802) ohjaavat kunkin demodulointivälineen tahdistumaan siihen ohjattuun signaaliin.

13. Patenttivaatimuksen 8 mukainen tukiasemalaitteisto, t u n n e t t u siitä, että vastaanotin käsittää välineet (710) vahvistaa vaiheistettua signaalia ennen digitalisoimista.

14. Patenttivaatimuksen 8 mukainen tukiasemalaitteisto, t u n n e t t u siitä, että vaiheistusvälineet

(706), radiotaajuusyksiköt (712-716) ja muunninvälineet (718-722) sijaitsevat fyysisesti samassa yksikössä.

15. Menetelmä antennikeilan suuntaamiseksi tukiasemalaitteistossa (100), jossa menetelmässä

5 signaali vastaanotetaan ja lähetetään useasta elementistä koostuvan antenniryhmän (500, 700-704, 772-776) avulla vaiheistaen vastaanotettavaa ja lähetettävää signaalia siten, että antenniryhmästä saatava vahvistus on suurimmillaan halutuissa suunnissa, ja jossa

10 liikkuva asema (102) lähettää tukiasemalle (100) tiedon tukiasemalta vastaanottamansa signaalin laadusta, t u n n e t t u siitä, että

tukiasemalaitteistossa (100) etsitään liikkuvalta asemalta (102) vastaanotettujen signaalikomponenttien tulo-

15 losuunnat ja viiveet, ja että

vastakkaisen siirtosuunnan lähetettävän signaalin vaiheistusta ohjataan sanotun mittauksen ja liikkuvalta asemalta vastaanotetun yhteydenlaatutiedon perusteella.

16. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä,

20 t u n n e t t u siitä, että

vastaanotettua digitalisoitua signaalia vaiheistetaan siten, että antenniryhmästä (500) saatava vahvistus on suurimmillaan halutussa suunnassa, ja että

vaiheistusta ja demodulointivälineiden (600) vaihet-

25 ta ohjataan sanotun etsinnän perusteella.

17. Patenttivaatimuksen 16 mukainen menetelmä,

t u n n e t t u siitä, että

vastaanotetusta signaalista mitataan signaalikomponenttien tulosuunnat ja vaiheet vaiheistamalla vastaan-

30 otettua digitalisoitua signaalia askeleittain siten, että antenniryhmästä saatava vahvistus on kulloinkin suurimmillaan halutussa tulosuunnassa annetuin kulmaväleihin, ja

mittaamalla kullakin tulosuunnalla signaalikomponentin voimakkuus eri hajotuskoodin vaiheilla.

18. Patenttivaatimuksen 16 mukainen menetelmä,

35

t u n n e t t u siitä, että lähetettävän signaalin vaiheistuksessa ennaltamäärätyn vahvistuskuvion suurimman vahvistuksen kulma ohjataan osoittamaan haluttuun suuntaan.

5 19. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että

 antenniryhmällä (700-704) vastaanotettua signaalia vaiheistetaan analogisesti siten, että antenniryhmästä saatava vahvistus on suurimmillaan halutuissa keilamaisissa suunnissa, ja että

10 vaiheistetut signaalit digitalisoidaan, ja että vastaanotetusta signaalista mitataan millä antennikeiloilla vastaanotetaan parhaimmat signaalikomponentit, mitataan näiden komponenttien viiveet ja

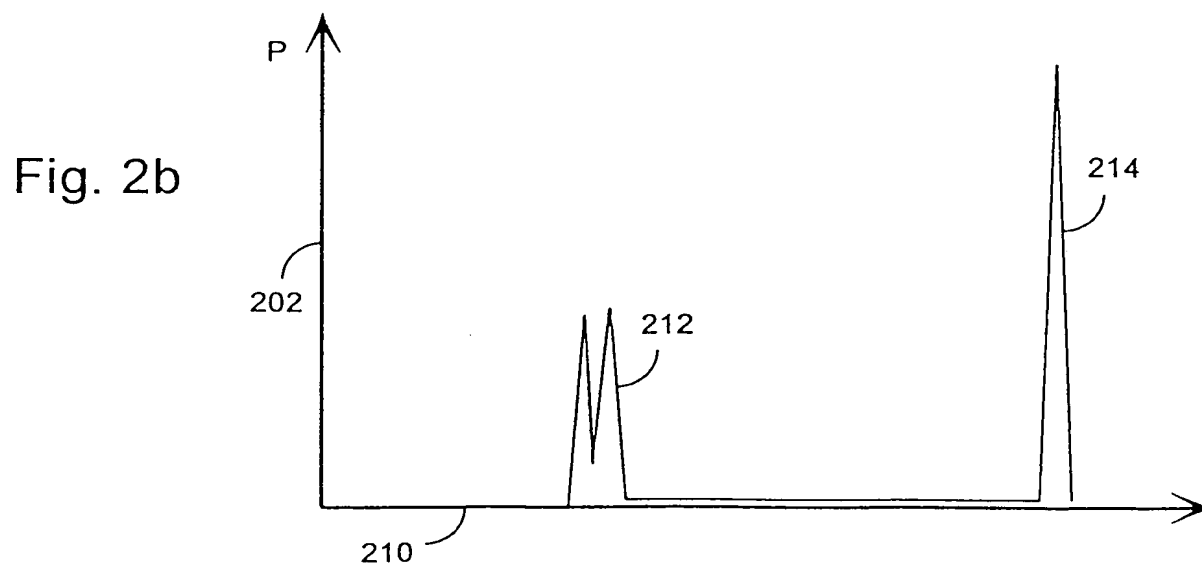
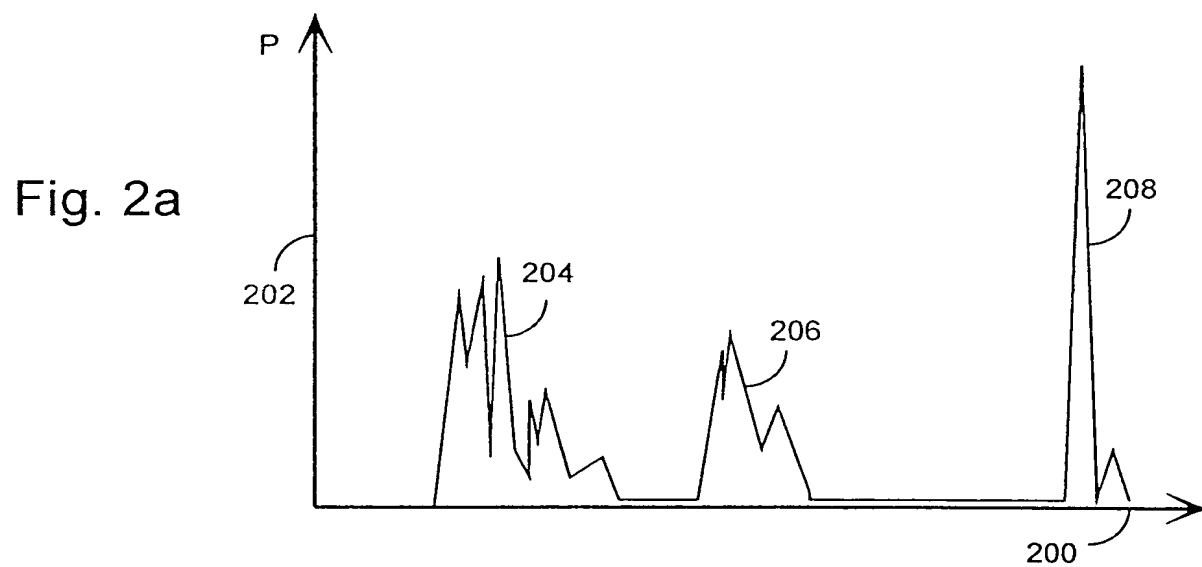
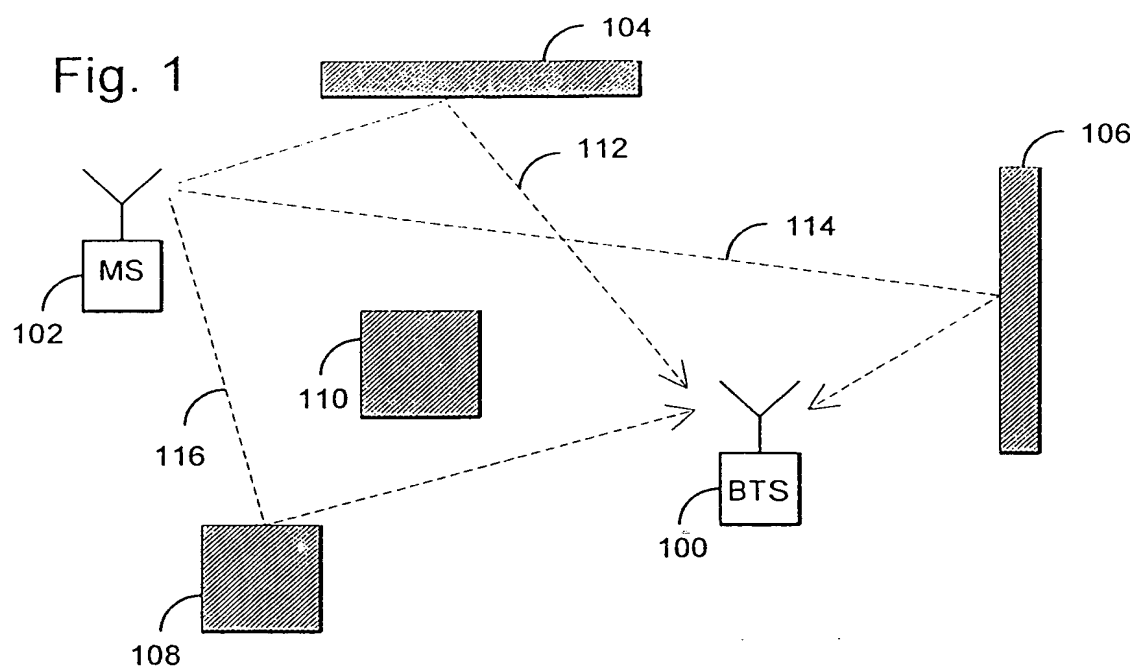
15 ohjataan kytkinvälineiden (730-734) avulla halutut signaalikomponentit demodulointivälineille (804-808), ja

 ohjataan demodulointivälineet tahdistumaan sanottuihin komponentteihin.

20 20. Patenttivaatimuksen 19 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että lähetettävää signaalia vaiheistetaan analogisesti siten, että antenniryhmästä (772-776) saatava vahvistus on suurimmillaan halutuissa keilamaisissa suunnissa, ja että

25 lähetettävä signaali ohjataan kytkinvälineiden (744) ja summaimen (754) avulla vaiheistusvälineille (770) lähetettäväksi haluttuihin suuntiin.

30 21. Patenttivaatimuksen 19 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että vastaanotettua ja lähetettävää signaalia vaiheistetaan analogisesti siten, että aikaansaadaan joukko tiettyihin suuntiin osoittavia antennikeiloja.



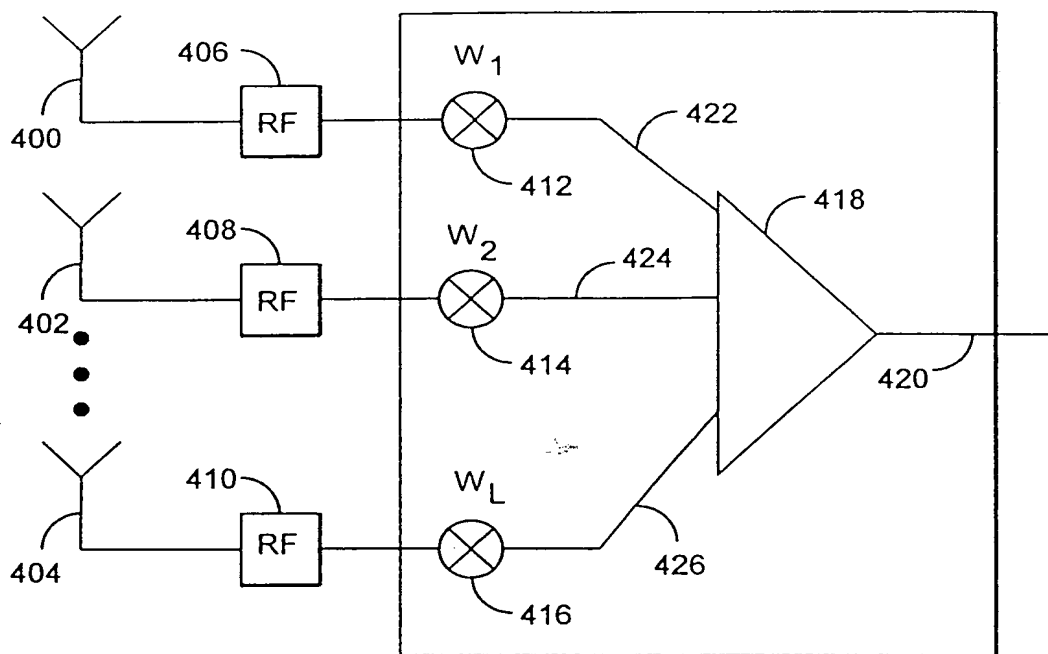
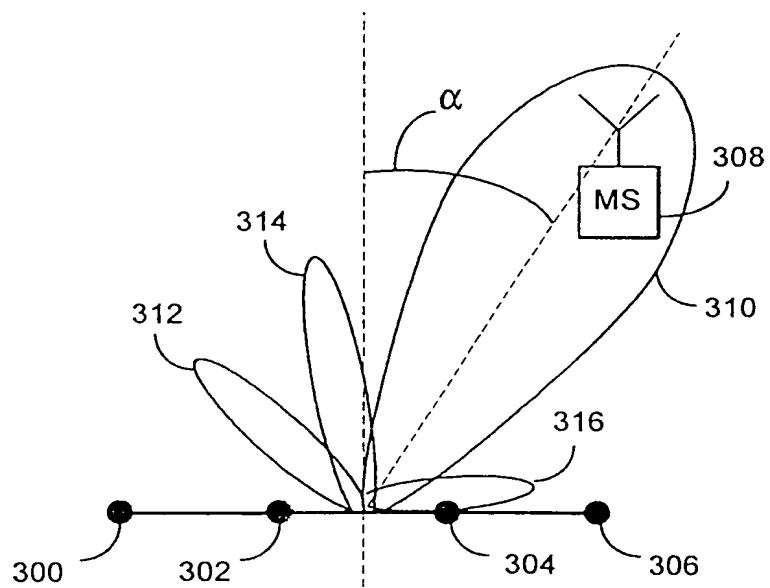


Fig. 3

Fig. 4



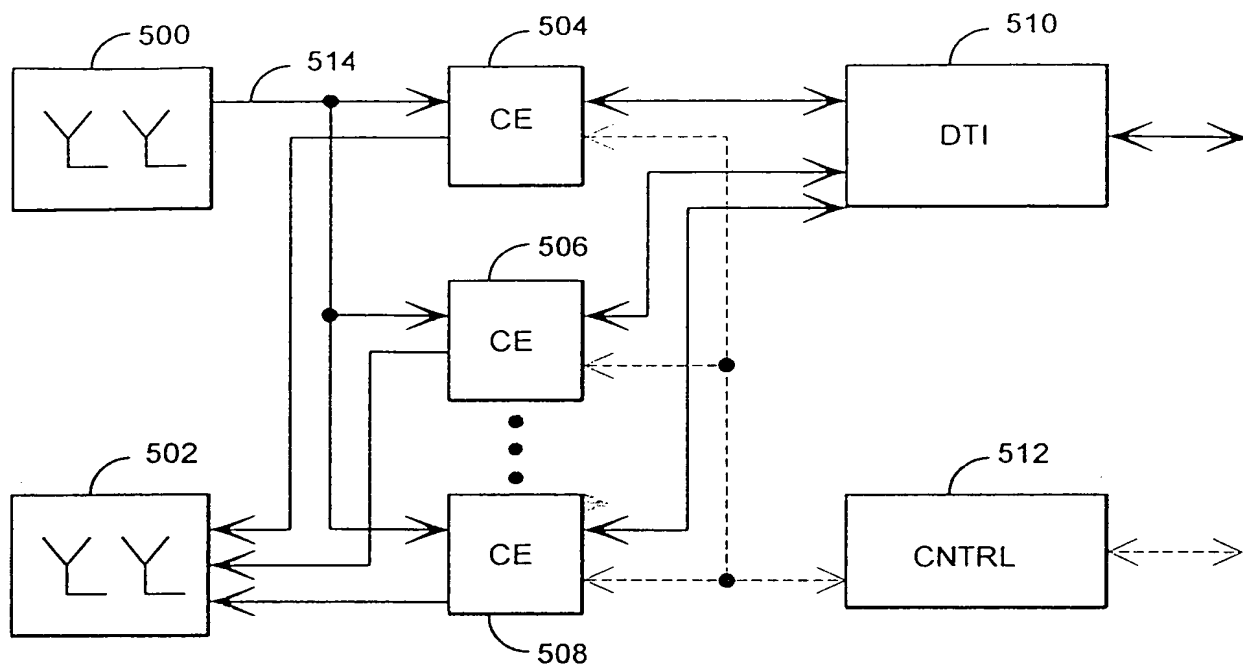


Fig. 5

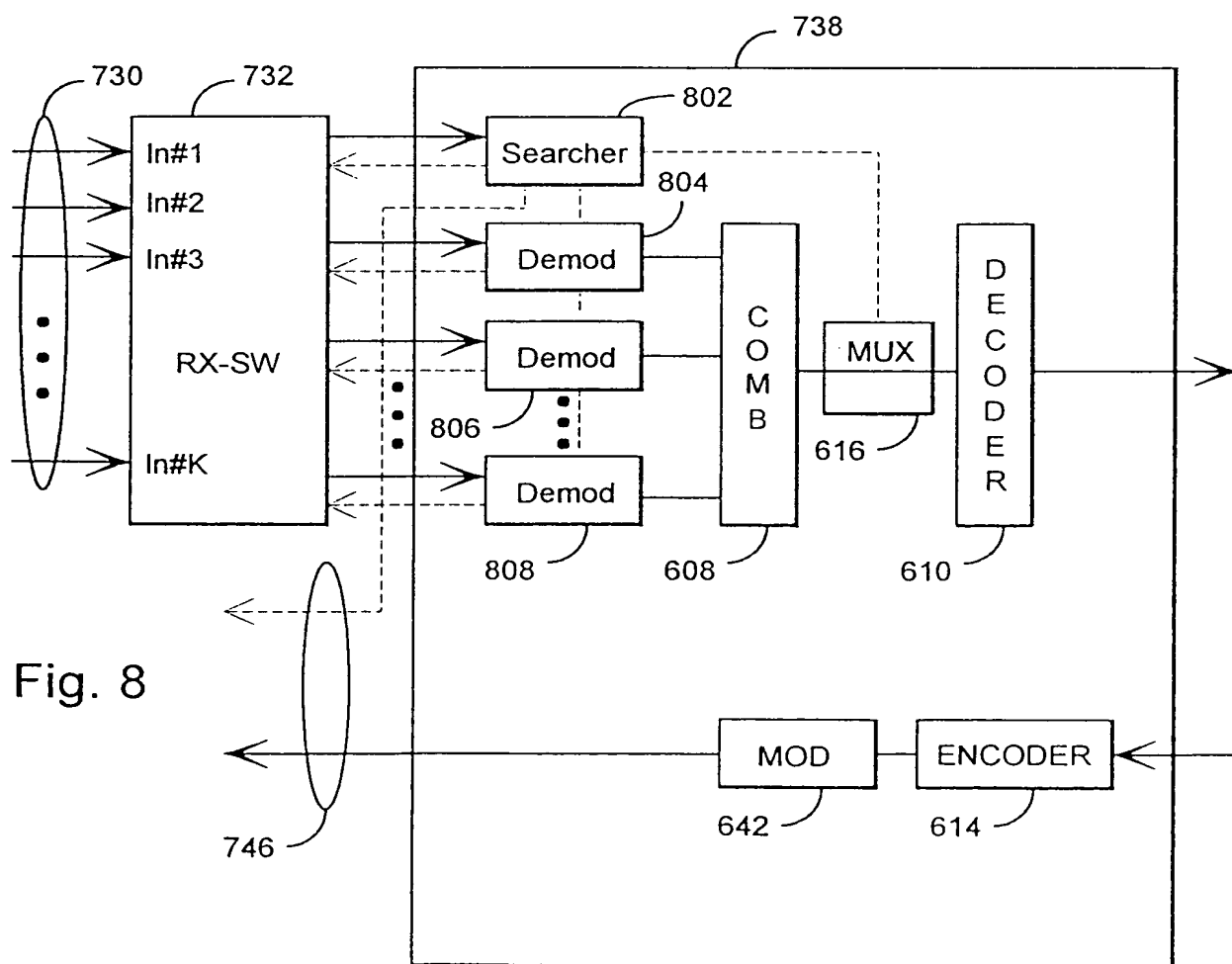


Fig. 8

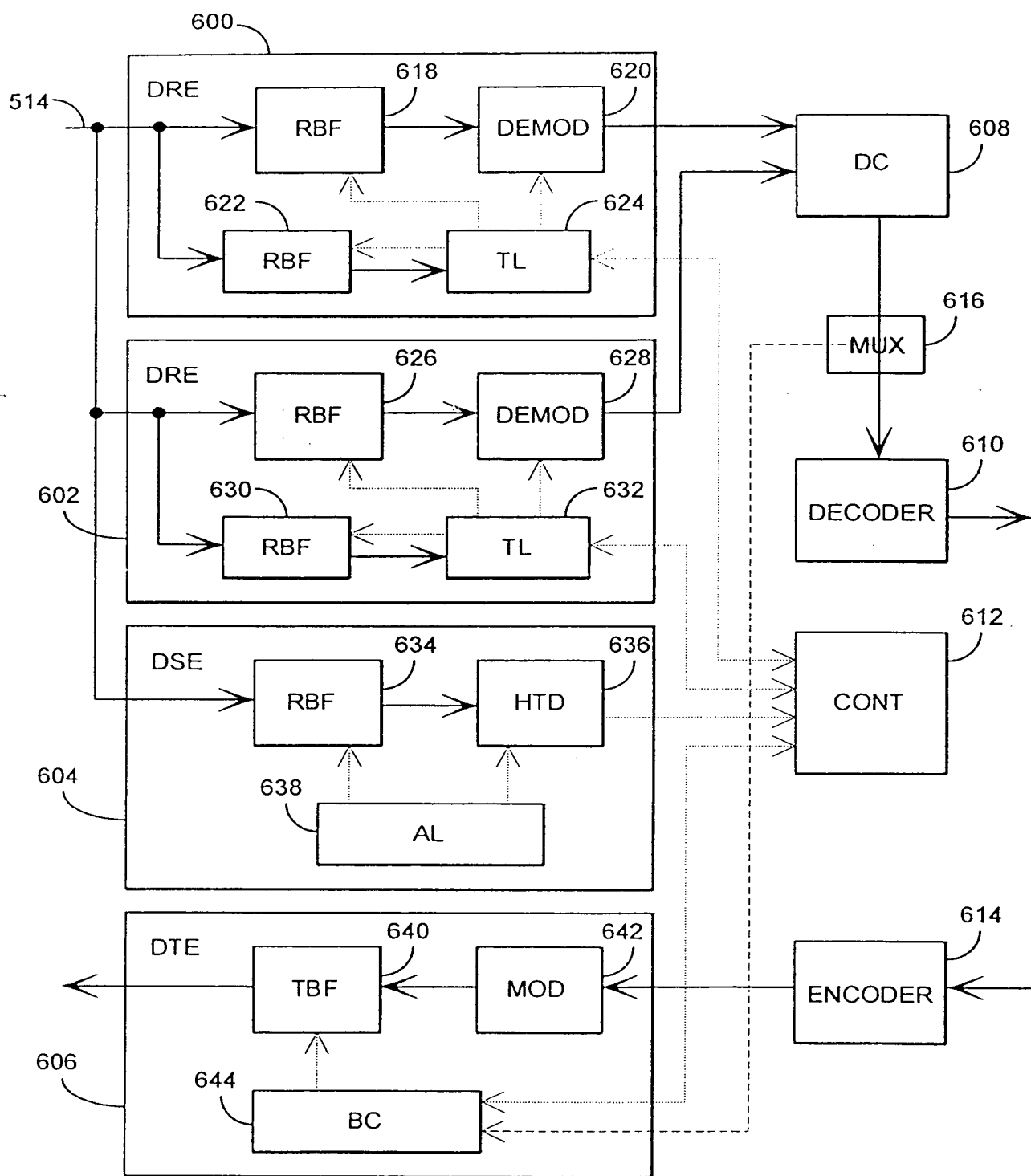
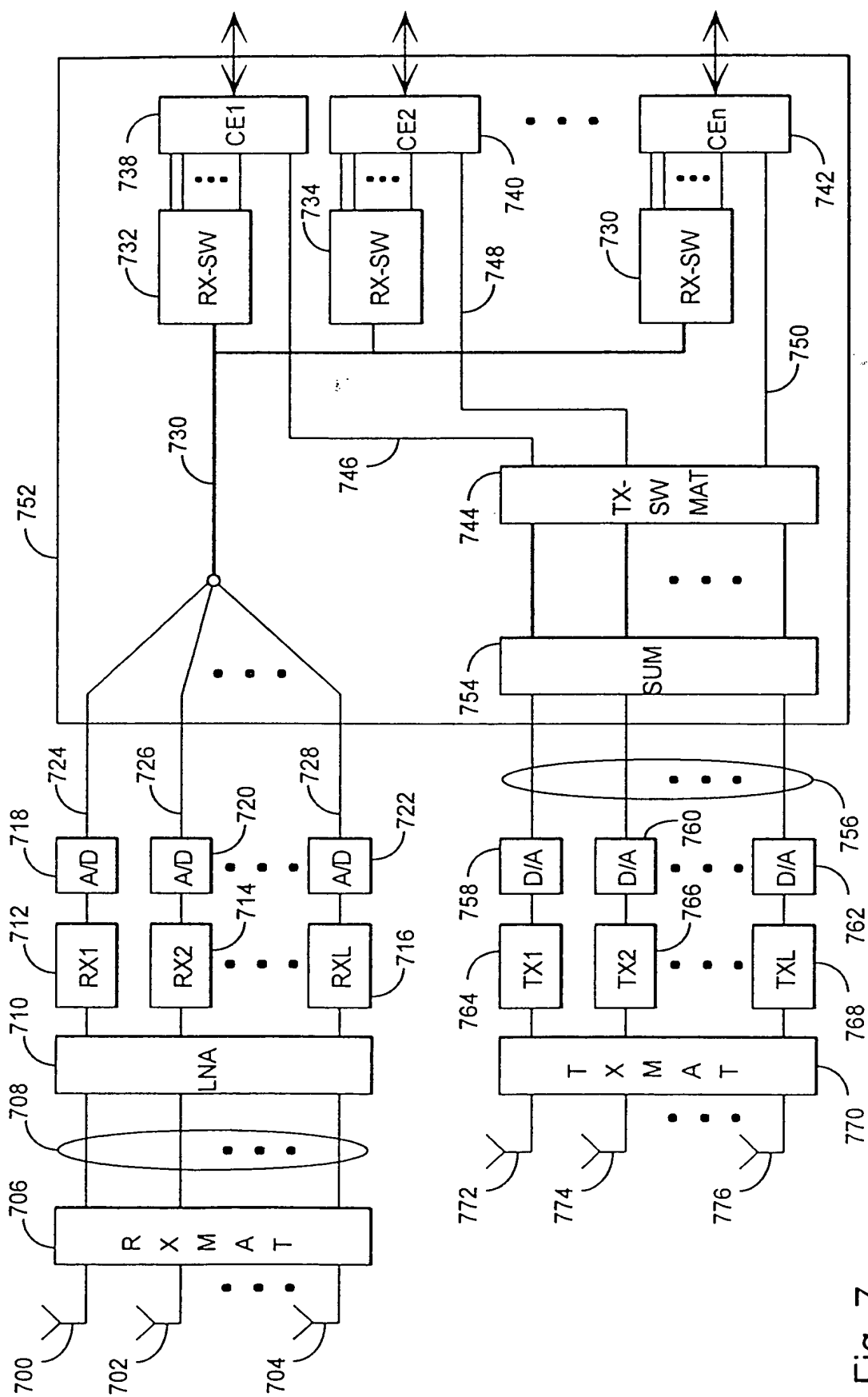


Fig. 6



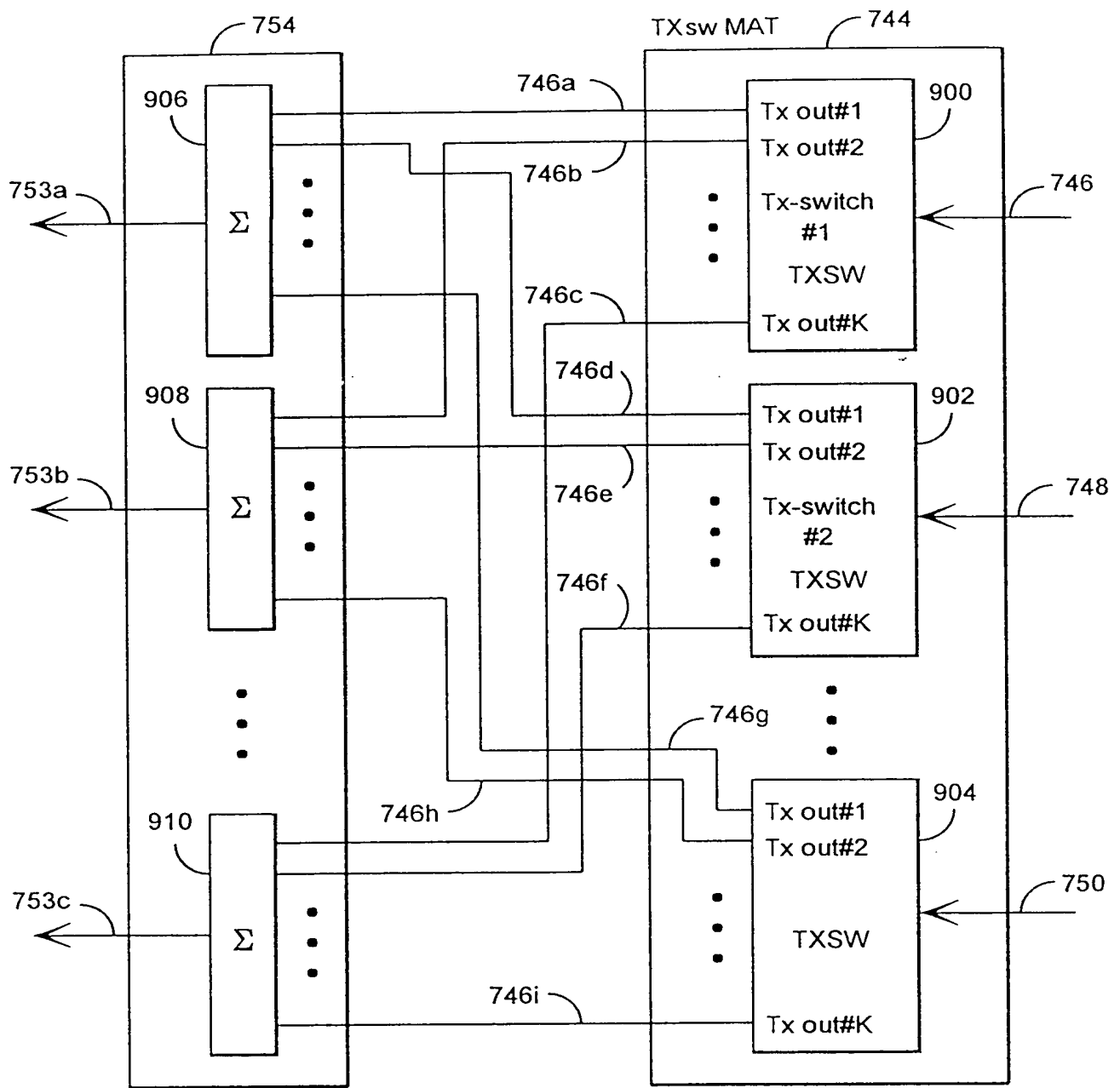


Fig. 9